



**ALCANCES EN EL CONSUMO DE ENERGÍA EN DOS PROYECTOS DE
VIVIENDAS SOCIALES CON LA APLICACIÓN DEL PDA (PLAN DE
DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA) EN LA REGIÓN
METROPOLITANA**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Bastían López Concha

Profesor Guía:
José Torres Barón

Fecha:
Noviembre 2020
Santiago, Chile

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mi familia y a mi mujer por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí, nada de esto sería posible sin su constante ánimo y palabras de motivación, han sido mi pilar fundamental y les estaré agradecido siempre por estar ahí echándome ganas y dándome amor y sobre todo paciencia. Espero estar a la altura y no defraudarlos nunca. Los amo infinito.

SOLO USO ACADÉMICO

AGREDECIMIENTOS

A mi profesor guía José Torres Barón por jugársela siempre y tenerme mucha paciencia, por haberme ayudado y dedicado su tiempo para que lograra terminar esto y sobre todo por permitirme participar de un tema que no conocía y que se viene fuerte en nuestro país.

También a todos los profesores que fueron parte de mi formación profesional por todo el conocimiento entregado y la disposición de enseñar.

Y nuevamente a mi mujer, familia y amigos que siempre han creído en mí y jamás me han dejado de alentar cada uno a su manera.

Muchas gracias.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

En este proyecto se presentará la calificación energética y el plan de descontaminación atmosférica como instrumentos que ayuden a mejorar las condiciones de confort térmico para una vivienda social, mediante la aplicación de cambios en distintos aspectos de la envolvente de ésta misma.

La idea, es realizar una especie de combinación entre los dos instrumentos para así obtener el mejor resultado posible, obteniendo como beneficio un ahorro en calefacción y enfriamiento para los habitantes de dicha vivienda, además de traducirlo a un gasto anual.

El primer capítulo aborda la Calificación energética e introduce los conceptos relevantes que se harán frecuentes a medida que avanza la investigación. También presenta los principales indicadores de la CEV, sus tipos de calificación y los elementos que influyen en ésta. Y por último plantea las exigencias de la legislación actual para entender el contexto sobre el cual se basará esta investigación.

El segundo capítulo trata sobre el Plan de descontaminación atmosférica, primero presentando el instrumento y luego se presentan todos los aspectos de la envolvente térmica que éste propone mejorar como lo son las transmitancias máximas, la ventilación, las infiltraciones, las extracciones y el porcentaje máximo de ventanas de modo que se ilustre cómo influye cada uno en las demandas de energía de la vivienda.

El tercer capítulo presenta y describe los casos que se van a analizar, de manera que se visualicen las características de cada uno (especificaciones técnicas, calificaciones previas, planos e imágenes) y las diferencias que tienen entre sí, para luego aplicar las mejoras que sugiere el PDA y finalmente analizar la importancia de cada mejora por separado y también como un todo con respecto a las demandas energéticas y el ahorro que proporciona.

En el último capítulo se analizan los resultados obtenidos de ambos proyectos, enfocándose principalmente en las demandas de calefacción y refrigeración, así como también en el ahorro total de la vivienda para luego pasar a las conclusiones de la investigación.

Palabras Claves: Calificación energética, Plan de descontaminación atmosférica, Confort térmico, Envolvente térmica, Calefacción, Enfriamiento.

SUMMARY

On the following Project, the energetic qualification and the decontamination atmospheric plan will be presented as instruments that can help to improve the thermal comfort conditions in social homes, through changes that can be made to their thermal envelope.

The idea is to make some sort of combination between the two instruments to obtain the best possible result, achieving in that way savings in heating and cooling services for the inhabitants of said homes, furthermore this could have a direct impact on annual expenses.

The first chapter addresses the Energy Rating and introduces the relevant concepts that will become frequent as the investigation progresses. It also presents the main indicators of the CEV, their types of rating and the elements that influence it. And finally, it raises the requirements of current legislation to understand the context on which this research will be based.

The second chapter deals with the Atmospheric Decontamination Plan, first presenting the instrument and then presenting all the aspects of the thermal envelope that it proposes to improve, such as maximum transmittance, ventilation, infiltrations, extractions and the maximum percentage of windows in a way that illustrates how each influences the home's energy demands.

The third chapter presents and describes the cases to be analyzed, in such a way that the characteristics of each one (technical specifications, previous qualifications, plans and images) and the differences between them are displayed, and then apply the improvements that they suggest the PDA and finally analyze the importance of each improvement separately and also as a whole with respect to the energy demands and the savings it provides.

In the last chapter, the results obtained from both projects are analyzed, focusing mainly on the heating and cooling demands, as well as the total savings of the home, and then move on to the conclusions of the research.

Keywords: Energetic qualification, Decontamination atmospheric plan, Thermal comfort, Thermal envelope, Heating, Cooling.

ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1
2.-OBJETIVOS	2
3.-ANTECEDENTES DEL PROYECTO	3
4.-METODOLOGÍA.....	3
5.-CAPÍTULO I: Calificación energética de viviendas (CEV)	4
5.1 ¿Qué es la CEV?	4
5.2 Principales Indicadores	6
5.3 Tipos de calificación	6
5.4 Elementos que influyen en la CEV	7
5.5 Exigencias de la legislación actual.....	9
6.-CAPÍTULO II: Plan de descontaminación atmosférica (PDA).....	20
6.1 ¿Qué es el PDA?	20
6.2 Transmitancias máximas	24
6.3 Ventilación	26
6.4 Infiltraciones	29
6.5 Extracciones	30
6.6 Porcentaje máximo de ventanas	32
7.-CAPÍTULO III: Descripción de casos.....	37
7.1 Presentacion de casos a analizar	37
7.1.1 Proyecto Villa La Estrella.	37
7.1.2 Proyecto Condominio La Estancia del Bosque 1	42
7.2 Mejoras a los casos.....	46
7.2.1 Mejoras para ambos tipos de vivienda	46
7.2.2 Resultados de la CEV + PDA	46
7.3 Análisis de ahorro con la aplicación del PDA.....	48
7.3.1 Proyecto Villa La Estrella	48
7.3.2 Proyecto Condominio La Estancia del Bosque 1	49
8.-CAPÍTULO IV: Análisis de resultados	50
9.-CONCLUSIONES	52
10.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
11.-ANEXOS	56

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen N° 1: Escala de calificación CEV	5
Imagen N° 2: Parámetros de la vivienda de referencia.....	6
Imagen N° 3: TABLA 1.....	10
Imagen N° 4: TABLA 2.....	13
Imagen N° 5: TABLA 3.....	15
Imagen N° 6: Diagrama de conceptos	22
Imagen N° 7: Transmitancias máximas	24
Imagen N° 8: Resistencias térmicas mínimas	25
Imagen N° 9: Porcentaje máximo de ventanas	32
Imagen N° 10: Definición de orientaciones para complejos de ventanas.....	33
Imagen N° 11: Simbología del cronograma de los planes a nivel nacional.....	34
Imagen N° 12: Cronograma de implementación de los planes a nivel nacional	35
Imagen N° 13: Presupuesto total de planes de Descontaminación Atmosférica	36

1.-INTRODUCCIÓN

Actualmente en Chile, el problema del cambio climático es uno de los mayores desafíos que tenemos, específicamente la contaminación del aire por material particulado en distintos niveles a lo largo de las regiones de nuestro país, lo que provoca que la calidad del aire sea nociva para los habitantes de las ciudades más afectadas, y aun peor que sufran enfermedades respiratorias severas. Es por esto que cada año el gobierno invierte millones de dólares en la aplicación de planes de descontaminación atmosférica para las zonas más críticas, especialmente en aquellas donde el principal sistema de calefacción son los equipos con combustión a leña. Uno de los propósitos principales de cada plan es reducir al mínimo el uso de estos sistemas de calefacción, logrando así implementar en la mayoría de los hogares sistemas más eficientes como eléctricos u otros.

Al mismo tiempo, cada plan va considerando mayores exigencias para los complejos de la envolvente de la vivienda, las ventanas, la ventilación y las infiltraciones de aire de esta misma. Además facilitan fichas de soluciones constructivas para los distintos casos de estos aspectos.

Por otro lado, hace ya unos años que se implementa la calificación energética de viviendas, con el propósito de mejorar las condiciones de confort y catalogar una vivienda como más o menos eficiente térmicamente.

El propósito de este trabajo es abordar por separado estos dos grandes capítulos: La calificación energética de vivienda y El plan de descontaminación atmosférica, para entender cómo funciona cada instrumento. Y luego analizar dos proyectos de vivienda social, uno de hormigón armado y otro de tabiques estructurales.

Para cada proyecto presentaré su calificación energética simulada en cuatro orientaciones mediante el motor de cálculo, para saber cuál es la mejor y una vez identificada se le aplicarán las mejoras que propone el Plan de descontaminación atmosférica de la región metropolitana, para así mediante este análisis determinar los alcances que tiene la aplicación del PDA en el consumo energético de una vivienda con calificación energética, y traducir esto a un beneficio para el ahorro en calefacción y enfriamiento de esta vivienda en el período de un año.

2.-OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar los alcances del consumo energético en dos proyectos de viviendas sociales de la Región Metropolitana, mediante la aplicación de las recomendaciones que propone el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar las recomendaciones del Plan de Descontaminación Atmosférica en la construcción de viviendas sociales en la Región Metropolitana.
2. Contrastar las demandas de energía antes y después de la aplicación del PDA, en dos proyectos de viviendas sociales en la Región Metropolitana.
3. Analizar los ahorros energéticos en dos proyectos de viviendas sociales de la Región Metropolitana a las que se les aplica el PDA.

3.-ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Actualmente en Chile, la Calificación energética de viviendas se está implementando hace un par de años con el propósito de mejorar la eficiencia en el consumo energético de las viviendas, y mediante esto colaborar al ahorro en calefacción y enfriamiento.

Por otro lado están los Plan de descontaminación atmosférica, que es más nuevo y busca disminuir la emisión de CO₂ por el uso de calefacción a leña y otros combustibles fósiles, para así mejorar la calidad del aire y la salud de los habitantes de distintas localidades a lo largo del país. Además estos planes sugieren modificaciones en aspectos claves de la vivienda con respecto a la reglamentación térmica vigente, para disminuir las demandas de energía en ella.

4.-METODOLOGÍA

Para lograr el primer objetivo se propone recopilar y estudiar toda la información disponible sobre la Calificación energética de viviendas y el Plan de descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.

Para lograr el segundo objetivo se propone la comparación de los requerimientos energéticos de cada proyecto, utilizando los motores de cálculo, para volver a calificarlos después de aplicadas las mejoras que propone el PDA.

El último objetivo se logrará mediante el análisis de los resultados de las mejoras aplicadas a cada proyecto, desglosadas en los ítems sugeridos por el plan, de forma que se visualice la contribución de cada uno en cuanto a las demandas energéticas, lo que a su vez determinará el ahorro anual de la vivienda.

5.-CAPÍTULO I: Calificación energética de viviendas (CEV)

5.1 ¿Qué es la CEV?

La calificación energética de una vivienda es un proceso que consiste en la determinación de su eficiencia energética mediante un informe de calificación energética y una etiqueta de eficiencia energética. Este proceso es aplicable para viviendas nuevas y existentes y se puede realizar en dos etapas: precalificación y calificación.

La calificación energética de viviendas es una estimación teórica de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento, agua caliente sanitaria e iluminación, la cual se presenta comparativamente respecto a una vivienda de referencia y se presenta junto a una escala gráfica de 8 niveles. Estos van desde la “A+” a la “G”, los que dependen de las ganancias solares, nivel de aislamiento térmico de la envolvente, inercia térmica, puentes térmicos, tipo de ventilación, nivel de infiltraciones y la zona térmica donde se ubica la vivienda.

Además de lo anterior, como un indicador complementario, en el informe se incluye la calificación de consumo energético; éste viene determinado por el consumo de energía en calefacción, agua caliente sanitaria, iluminación y ventilación (en el caso de ventilación mecánica).

5.1.1 ¿Qué significa la Letra de la CEV?

Contar con datos medibles sobre el comportamiento energético de una vivienda, beneficiará principalmente a sus potenciales compradores, quienes podrán tomar una decisión basándose en la comparación de la variedad de ofertas que el mercado les ofrece, para finalmente elegir la vivienda que tenga un mejor comportamiento energético.

Una vivienda con buena calificación energética, aportará al mejoramiento de las condiciones de confort térmico al interior del hogar, reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades respiratorias u otras asociadas a períodos invernales.

5.1.2 Cómo se obtiene la Letra de la CEV.

La letra que entrega la Calificación energética, representa un porcentaje de ahorro, es decir, mientras más ahorro presenta la vivienda, mejor es la letra que obtiene.

Para obtener este ahorro, se toma en cuenta el diseño de la vivienda a calificar y se compara con el de otra vivienda de igual diseño (vivienda base), pero que cumple solo con las exigencias mínimas de la reglamentación térmica de la normativa establecida por la OGUC. Esta vivienda de referencia, por defecto utiliza gas licuado y equipos estándar para calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

Imagen N° 1: *Escala de calificación CEV*



Fuente: Manual de procedimientos calificación energética de vivienda en Chile (2018), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

5.1.3 Vivienda de Referencia.

Es una vivienda utilizada para realizar la comparación con la vivienda a calificar y obtener los porcentajes de diferencia con ésta, que conducen a la calificación final. La vivienda de referencia es igual a la evaluada en forma, dimensiones, ubicación geográfica, ganancias internas y superficie vidriada, pero difiere de esta en los siguientes aspectos:

Imagen N° 2: Parámetros de la vivienda de referencia

PARÁMETRO	VIVIENDA REFERENCIA	VIVIENDA OBJETO
Transmitancia térmica de elementos con exigencia en la segunda etapa de la reglamentación térmica (2007)	Las máximas permitidas en la segunda etapa de la reglamentación térmica (2007)	LAS DE PROYECTO DE ACUERDO CON LAS METODOLOGÍAS DE LA CEN
Transmitancia térmica de elementos sin exigencias en la segunda etapa de la reglamentación térmica (2007)	Las máximas que obtendría el elemento con peor desempeño	
Sombras propias sobre ventanas	Sin sombras propias	
Sombras lejanas sobre las ventanas	Las mismas que la vivienda objeto	
Demanda de energía	Promedio de las demandas de la vivienda girada en cuatro orientaciones con 90° de diferencia	
Factor de sombra de los vidrios	Vidrio claro monolítico de 6 mm	
Infiltraciones	2,5 RAH a presión normal	
Ventilación	7,5 RAH a presión normal	
Sistema de calefacción	Por defecto, de acuerdo con el sistema	

Fuente: Manual de procedimientos calificación energética de vivienda en Chile (2018), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

5.2 Principales Indicadores

Tanto en la Precalificación como en la Calificación, la vivienda obtendrá información acerca de tres indicadores principales incluidos en la etiqueta:

Porcentaje de ahorro en la demanda de energía para lograr calefacción, enfriamiento e iluminación óptimos para la vivienda. El porcentaje de mejora es el resultado de la comparación entre la demanda de energía de la vivienda evaluada y la demanda de energía de la vivienda de referencia. Este porcentaje representa la eficiencia energética de la arquitectura de la vivienda.

Nivel de eficiencia energética: En función del porcentaje de disminución de la demanda de energía, y de manera ilustrativa se asigna una letra a la vivienda que puede ir desde la A+ a la G, donde A+ representa los porcentajes más altos de ahorro energético, mientras que la G representa un consumo mayor a la exigencia mínima.

Requerimiento energético (Demanda): Este indicador se separa en la demanda de energía por metro cuadrado de la vivienda (kWh/m²), y la demanda de energía para calefacción y enfriamiento.

5.3 Tipos de calificación

La Precalificación: Tiene como objetivo aportar información de cómo será la evaluación de la vivienda idealmente en etapa de diseño, ya que dicha vivienda no tiene que estar ejecutada. De esta forma es posible realizar una evaluación en una etapa donde el

mandante puede estudiar la incorporación de modificaciones con el fin de alcanzar un mejor desempeño.

Se realiza en proyectos de arquitectura que tengan un permiso de edificación aprobado por la Dirección de Obras Municipales. Esta precalificación es provisoria y su vigencia es válida hasta que el proyecto obtenga la recepción municipal definitiva.

La Calificación: Corresponde a la evaluación final y definitiva de la obra terminada. Para emitirla se califica nuevamente el proyecto, según los planos y especificaciones técnicas definitivas, con recepción municipal aprobada por el Director de Obras Municipales y la documentación adicional acreditada por el propietario, por lo que en esta etapa es más complejo incorporar mejoras.

Tiene una duración de 10 años, o hasta que se realice alguna modificación que altere los parámetros con los que fue evaluada la vivienda.

5.4 Elementos que influyen en la CEV

5.4.1 Envoltente térmica.

Transmitancia térmica (U): Es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes separados por dicho elemento. Es el inverso de la Resistencia térmica (R_t).

Aislación térmica en Techo: La aislación térmica de techumbre es la más importante, ya que generalmente, las mayores pérdidas de energía se producen a través de este elemento. Aislando correctamente a techumbre se logra mejorar el confort térmico con una baja inversión, en comparación con otras medidas de eficiencia energética.

Aislación térmica en Muro: Este elemento representa la mayor parte de la superficie de la vivienda y después del techo, el muro es por donde más se producen las pérdidas de calor.

Aislación térmica en Piso: Este elemento en contacto con el terreno pierde calor, a diferencia de los muros y techumbres, y esto se produce mayoritariamente en su perímetro exterior, pérdida que es menos significativa que la de los demás elementos de la envoltente.

Inercia térmica: Es la resistencia que tiene un cuerpo a cambiar su temperatura. Los materiales con alta inercia térmica almacenan calor y lo liberan paulatinamente, cuando la temperatura exterior baja; esto generalmente contribuye a estabilizar la temperatura de las viviendas.

Puentes térmicos: Son zonas puntuales o lineales de la envoltente de un edificio, en la que se transmiten más fácilmente el calor que en las zonas aledañas, debido a una

variación de la resistencia térmica. Se refiere a un lugar en el que no se genera continuidad de la superficie aislante.

5.4.2 Radiación.

Son las ganancias de calor producto de la radiación solar incidente en la vivienda. Estas se obtienen de forma directa a través de los elementos translúcidos de su envolvente, generando ganancias solares que reducen la demanda energética para la calefacción de la vivienda.

Factor de Asoleamiento de ventanas: Corresponde a la radiación incidente en el complejo de ventanas que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada, tales como; retranqueos, voladiza, toldos, salientes laterales u otros. Si bien estos bloqueos de radiación reducen las ganancias solares, éstas a su vez reducen el riesgo de sobrecalentamiento en verano.

Orientación y superficie de ventanas: La cantidad de energía generada por ganancias solares a través de las ventanas, dependerá de la orientación, el emplazamiento y la superficie de la vivienda, y tiene una incidencia importante en su desempeño energético.

Factor solar del vidrio: Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente del complejo de la ventana. Corresponde al factor solar del vidrio para incidencia normal.

5.4.3 Cargas internas.

Las ganancias internas provienen de fuentes de calor que están ubicadas en el interior de la vivienda. Estas incluyen a los habitantes, la iluminación, artefactos eléctricos y equipos de cocina. Prácticamente, todo lo que consume energía a su vez genera calor.

5.4.4 Renovación del aire.

Ventilación mecánica: La renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electromecánicos, ventiladores o extractores que generan sobrepresiones o depresiones en conductos de distribución de aire.

Ventilación pasiva o natural: Es aquella que se produce, únicamente, por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de T° entre el punto de entrada y de salida. Este proceso es de muy difícil control, pudiéndose producir tanto excesos como defectos de ventilación.

Ventilación Mixta: Es la combinación de la ventilación natural y la ventilación mecánica. Es un concepto que consiste en la utilización de componentes de la ventilación natural acoplados a una asistencia mecánica no permanente.

Infiltraciones: Es el paso de aire sin control a través de aberturas no previstas en la envolvente, que influyen en el desempeño energético de la vivienda.

5.4.4 Comportamiento energético de los equipos de calefacción y agua caliente sanitaria.

Rendimiento energético de los equipos. Tipo de energía utilizado en los equipos. Pérdida de energía por distribución y almacenamiento. Pérdidas de energía por tipo de control de encendido.

5.4.5 Incorporación de energías renovables no convencionales (ERNC).

Aporte solar de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria y/o calefacción. Aporte solar de sistema solar fotovoltaico para iluminación.

5.5 Exigencias de la legislación actual

Actualmente la tendencia internacional ha demostrado que los distintos sectores industriales deben adaptarse y desarrollarse teniendo en consideración el cuidado del medioambiente. Los países más avanzados en el tema, han señalado que el crecimiento económico no es impedimento para ejecutar este cuidado.

La construcción a su vez, se considera como una actividad de alto impacto para el entorno, por lo que dirigimos hacia un desarrollo sustentable en esta área aparece como una necesidad inmediata.

Los estándares internacionales energo-térmicos para edificaciones se basan en al menos los siguientes 4 puntos:

- 1-. Regulación obligatoria que fuerce la condición base (en el caso de Chile, el estándar obligatorio para Urbanismo y Construcción es la O.G.U.C)
- 2-. Sistema de cálculo oficial de energía
- 3-. Regulación de artefactos y sistemas (calefacción, agua sanitaria, refrigeración, etc.)
- 4-. Información objetiva (etiquetado de equipos, artefactos, edificios, etc.)

De estos cuatro puntos el 1 y 2 son oficiales, el 3 y 4 están implementándose solo en el sector residencial. Y todos estos puntos deben tener actualizaciones periódicas.

En Chile, para la vivienda contamos con:

Exigencias térmicas (Art. 4.1.10. O.G.U.C) de acondicionamiento para la envolvente de las viviendas, las cuales son de carácter obligatorio.

Artículo 4.1.10.- Todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

1. COMPLEJOS DE TECHUMBRE, MUROS PERIMETRALES Y PISOS VENTILADOS:

A. Exigencias:

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

Imagen N° 3: TABLA 1

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

Fuente: O.G.U.C (2016), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

1. Techumbres:

Para efectos del presente artículo se considerará complejo de techumbre al conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenetas, vigas.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para la techumbre serán las siguientes:

a) En el caso de mansardas o paramentos inclinados, se considerará complejo de techumbre todo elemento cuyo cielo tenga una inclinación de 60° sexagesimales o menos medidos desde la horizontal.

b) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales de la techumbre, tales como cerchas, vigas y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

c) Los materiales aislantes térmicos o las soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte superior de los muros en su encuentro con el complejo de techumbre, tales como cadenas, vigas, soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.

d) Para obtener una continuidad en el aislamiento térmico de la techumbre, todo muro o tabique que sea parte de ésta, tal como lucarna, antepecho, dintel, u otro elemento que interrumpa el acondicionamiento térmico de la techumbre y delimite un local habitable o no habitable, deberá cumplir con la misma exigencia que le corresponda al complejo de techumbre, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 1 del presente artículo.

e) Para toda ventana que forme parte del complejo techumbre de una vivienda emplazada entre la zona 3 a 7, ambas inclusive, cuyo plano tenga una inclinación de 60° sexagesimales o menos, medidos desde la horizontal, se deberá especificar una solución de doble vidriado hermético, cuya transmitancia térmica debe ser igual o menor a 3,6 W/m² K.

2. Muros:

Para la aplicación del presente artículo se considerará complejo de muro al conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para muros serán las siguientes:

a) Las exigencias señaladas en la Tabla 1 del presente artículo, serán aplicables sólo a aquellos muros y/o tabiques, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.

b) Los recintos cerrados contiguos a una vivienda, tales como bodegas, leñeras, estacionamientos, invernadero, serán considerados como recintos abiertos para efectos de esta reglamentación, y sólo les será aplicable las exigencias de la Tabla 1 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.

c) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en tabiques perimetrales, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.

d) En el caso de la albañilería confinada de conformidad a la definición de la NCh 2123, no será exigible el valor de U de la Tabla 1 en los elementos estructurales, tales como pilares, cadenas y vigas.

e) En el caso de que el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.

f) En el caso de puertas vidriadas exteriores, deberá considerarse como superficie de ventana la parte correspondiente al vidrio de la misma. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico.

3. Pisos Ventilados:

Para efectos de la aplicación del presente artículo se considerará complejo de piso ventilado al conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados inferiores de escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior, también se considerarán como pisos ventilados.

Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en pisos ventilados, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales del piso o de las instalaciones domiciliarias, tales como vigas, tuberías, ductos o cañerías.

B. Alternativas para cumplir las exigencias térmicas definidas en el presente artículo:

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en el Tabla 1 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1. Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la Tabla 2:

Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la tabla 2 siguiente:

Imagen N° 4: TABLA 2

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

(*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica (m^2K / W) x 100.

Fuente: O.G.U.C (2016), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

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 a 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.

2. EXIGENCIAS PARA VENTANAS:

Se considerará complejo de ventana, a los elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

A. Porcentaje máximo superficie de ventanas respecto a paramentos verticales de la envolvente:

El complejo de ventana deberá cumplir con las exigencias establecidas en la Tabla 3, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura. El tipo de vidrio a utilizar en las superficies de ventanas deberá ser indicado en las especificaciones técnicas del proyecto de arquitectura.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas de un proyecto de arquitectura, se deberá realizar el siguiente procedimiento:

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.

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.

Imagen N° 5: TABLA 3

ZONA	VENTANAS		
	% MÁXIMO DE SUPERFICIE VIDRIADA RESPECTO A PARAMENTOS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE		
	VIDRIO MONOLÍTICO (b)	DVH DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (c)	
		$3.6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (a)	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
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%

(a) La doble ventana que forme una cámara de aire, se asimila al DVH, con valor U entre 3,6 y 2,4 W/m²K

(b) Vidrio monolítico:

De acuerdo a la NCh 132, se entenderá por aquel producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta un estado rígido sin cristalización, formado por una sola lámina de vidrio.

(c) Doble vidriado hermético (DVH):

De acuerdo a la NCh 2024, se entenderá por doble vidriado hermético el conjunto formado por dos o más vidrios paralelos, unidos entre sí, por un espaciador perimetral, que encierran en su interior una cámara con aire deshidratado o gas inerte.¹

Fuente: O.G.U.C (2016), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En el caso que el proyecto de arquitectura considere más de un tipo de vidrio, según Tabla 3, se deberá determinar el máximo porcentaje posible para cada tipo de vidrio respecto a la superficie total de la envolvente vertical. Para ello, por cada tipo de vidrio a utilizar, se deberá aplicar la siguiente formula:

$$(TP \times MV)/100 = MSV$$

TP: Porcentaje del tipo de vidrio respecto del total de la superficie vidriada.

MV: Porcentaje máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales de la envolvente, según Tabla 3.

MSV: Porcentaje máximo de superficie, para tipo de vidrio, respecto de la superficie total de la envolvente. (MINVU, 2016, ARQ. 1-12;13;14;15;16;17)

5.5.1 Aplicación de la CEV para el análisis de los consumos de energía y la producción de CO₂.

La finalidad de este instrumento es entregar a los usuarios de las viviendas, información objetiva de la eficiencia energética de estas, con el propósito de generar una disminución en las emisiones de CO₂ y en el consumo energético.

Para esto, el sistema CEV incluye las planillas de balance térmico dinámico, las cuales emiten etiquetas e informes para clasificarla vivienda. El procedimiento de cálculo aplicando la planilla de balance térmico dinámico PBTD, está conformado por 3 herramientas de cálculo en formato Excel que corresponden a:

PBTD Datos de arquitectura

PBTD Motor de cálculo demanda energía

PBTD Datos de equipos y resultados

5.5.2 Informes de calificación de eficiencia energética.

Este informe contiene la siguiente información:

- 1-. Código de evaluación_energética: Corresponde a la numeración única con que queda registrada la evaluación en el Registro público nacional de evaluaciones, llevado por la entidad administradora.
- 2-. Identificación de la vivienda: Contiene la dirección, incluida la comuna y región en que se encuentra emplazada; el rol del avalúo y el tipo de vivienda; la zona térmica en que se ubica y la superficie interior útil de la misma.
- 3-. Demanda energética de la vivienda (de arquitectura): Muestra el requerimiento energético de la vivienda para satisfacer las demandas de calefacción y enfriamiento. Esta demanda considera el diseño de la vivienda, y su interacción con el clima exterior, y excluye equipos de calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria ni los tipos de energía proyectados.
- 4-. Cuadro referencial de demanda energética promedio de calefacción y enfriamiento, según tipología de vivienda y zona térmica (demanda energética estimada del parque construido).
- 5-. Características de la vivienda: De los principales elementos de la envolvente de la vivienda evaluada, señalando tipo de elemento, descripción y exigencia según reglamentación térmica.
- 6-. Distribución del consumo de energía en calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria y energías renovables no convencionales (ERNC).
- 7-. Descripción de equipos proyectados y equipos de referencia para calefacción, iluminación, agua caliente sanitaria y energías renovables no convencionales.
- 8-. Consumo de energía (de arquitectura, equipos y tipos de energía). Muestra el requerimiento de la vivienda en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria; también la generación fotovoltaica en la vivienda, distribución del aporte de energía

solar térmica, el balance general de energía y, por último, el resumen de consumos finales de la vivienda de referencia y la vivienda a evaluar.

9-. Resumen de la envolvente: Cuadro que contiene las áreas y los valores U de los elementos opacos y traslúcidos y, también, las pérdidas por puentes térmicos de los elementos de la envolvente.

10-. Gráficos de demanda mensual de calefacción y enfriamiento, para la vivienda evaluada y de referencia.

11-. Gráficos de horas sobre el rango de confort y bajo el rango de confort, sin considerar equipos.

12-. Flujos energéticos: Gráficos que muestran los flujos energéticos acumulados mensuales, y además los flujos energéticos en una vivienda en un día representativo de verano y uno de invierno.

13-. Antecedentes de la entidad administradora y metodología de la calificación energética.

14-. Nombre y Rut del mandante, Nombre del evaluador, RUT y N° de ROL del Registro de consultores del Minvu.

15-. La evaluación de eficiencia energética mantendrá su vigencia mientras la vivienda conserve las características que sirvieron de fundamento para su calificación y en ningún caso podrá utilizarse para fines publicitarios pasados diez años desde su emisión.

16-. Gráficos de la temperatura horaria interior y exterior de un día representativo de Enero, Abril, Julio y Octubre, sin climatización.

5.5.3 Informe de precalificación de eficiencia energética.

El mandante podrá solicitar la precalificación de eficiencia energética de la vivienda siempre que cuente con permiso de edificación municipal. Dicha precalificación es de carácter transitorio y referencial y será válida solo hasta la obtención de la Calificación energética o hasta la obtención de la recepción municipal definitiva de la vivienda.

El informe de precalificación de eficiencia energética contiene una proyección de la eventual calificación energética que tendrá la vivienda terminada, de ejecutarse de acuerdo con las especificaciones técnicas que presenta el proyecto de arquitectura con permiso de edificación municipal.

5.5.4 Informe de calificación de eficiencia energética.

El mandante podrá solicitar una evaluación de eficiencia energética de la vivienda que cuente con permiso de edificación y que se encuentre con sus obras finalizadas. Esta evaluación tiene un carácter final y definitivo.

El evaluador energético será responsable de realizar una inspección visual de la vivienda, para comprobar la veracidad de la información que se entregue. La inspección consistirá en, al menos, una verificación de los principales aspectos bajo los cuales se obtiene la calificación energética.

5.5.5 Etiqueta de eficiencia energética.

Esta etiqueta se emite junto con el informe de calificación de eficiencia energética, y proporciona información resumida del desempeño energético de la vivienda evaluada, e información de la identificación de la misma. Los aspectos que entrega son:

- Porcentaje de ahorro de energía (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- Demanda energética total por metro cuadrado, en un promedio anual.
- Demanda energética para calefacción, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- Demanda energética para enfriamiento, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- Nivel de calificación (letra).
- Código de evaluación energética.
- Dirección de la vivienda.
- Rol de la vivienda o del proyecto, según corresponda.
- Tipo de vivienda.
- Superficie de la vivienda.
- Fecha de emisión.
- Versión del procedimiento de calificación energética.
- Código QR para verificación.

Esta etiqueta cuenta con una versión para la precalificación energética de vivienda, y otra para la calificación energética de vivienda.

5.5.6 Certificado de acreditación CEV.

Es un documento que emite la herramienta web de la calificación una vez que se han cargado los datos necesarios para la evaluación de la vivienda.

La emisión de este certificado es previa a la obtención de la etiqueta y el informe de precalificación y tiene por objetivo acreditar el ingreso del proyecto de vivienda en la herramienta web para su evaluación.

El certificado de acreditación CEV contiene la siguiente información:

- Código de evaluación energética
- Identificación de la vivienda
- Identificación del propietario
- Nombre del evaluador energético
- Porcentaje de ahorro en demanda de energía

Esta etiqueta cuenta con una versión para la precalificación y otra para la calificación energética de viviendas.

5.5.7 Sello de eficiencia energética.

Muestra los principales indicadores de eficiencia energética de la vivienda evaluada, y entrega información de fácil entendimiento que puede ser utilizada para difusión. Este sello puede ser generado para una vivienda o para un conjunto habitacional, en este caso considerará un porcentaje ponderado de ahorro energético.

5.5.8 Sello de eficiencia energética de vivienda.

Este sello se emite junto con el informe de calificación energética, y entrega los siguientes indicadores del desempeño energético de la vivienda evaluada:

- Porcentaje de ahorro de energía (calefacción, enfriamiento e iluminación).
- Demanda energética para calefacción, por metro cuadrado, en un promedio anual.
- Demanda energética para enfriamiento, por metro cuadrado, en un promedio anual.

Este sello solo se emite si el porcentaje de ahorro es superior a cero.

Este sello cuenta con una versión para la precalificación y otra para la calificación energética de vivienda.

6.-CAPÍTULO II: Plan de descontaminación atmosférica (PDA)

6.1 ¿Qué es el PDA?

El o los planes de prevención y/o descontaminación atmosférica (PPDA) son instrumentos de gestión ambiental, que mediante la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad reducir los niveles de contaminación del aire, con el propósito de proteger la salud de la población.

Los planes de prevención atmosférica (PPA), tienen por finalidad evitar que las normas ambientales de calidad sean sobrepasadas en una zona latente. Los planes de descontaminación atmosférica (PDA), tienen por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas ambientales de calidad en una zona saturada.

Zona latente: Aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental. (Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente, 1994).

Zona saturada: Aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas (Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente, 1994).

Los planes de descontaminación atmosférica se enmarcan en la estrategia de descontaminación atmosférica 2014-2018 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

El objetivo de definir una estrategia, corresponde a considerar la contaminación atmosférica como un problema grave a nivel país, lo que permitirá elaborar medidas estructurales que optimicen los recursos sectoriales en las zonas saturadas o latentes.

En el caso de los PDA del Sur del país, como su principal fuente de contaminación es el uso de leña para calefacción, las estrategias están enfocadas en mejorar el estándar térmico de las viviendas (mediante la CEV) e impulsar la calefacción con equipos energéticamente eficientes y que aporten a la sustentabilidad. En cada uno de los planes se incluyen medidas que tienen por objetivo diversificar la matriz energética de la calefacción domiciliaria, comercial y pública.

En consideración de lo mencionado, el PDA considera cuatro medidas estructurales:

- 1-. El reacondicionamiento térmico de viviendas, el cual tiene por objetivo disminuir el requerimiento energético de la población y la demanda de energía en calefacción.
- 2-. La sustitución de sistemas de calefacción contaminantes por sistemas eficientes y con menos emisiones, cuya finalidad es reducir las emisiones a la atmósfera, pero también las de tipo intradomiciliarias.

3-. El mejoramiento de la calidad de la leña que se utiliza y la diversificación del uso de combustibles para calefacción.

4-. La educación y difusión a la comunidad.

Para su implementación se establecen dos etapas:

6.1.1 Primera etapa.

A. Acondicionamiento térmico de viviendas existentes:

- Se aumentan los estándares de transmitancia térmica para muros y techumbre.
- Se implementa el cálculo de riesgo de condensación.
- Se incorpora el control de infiltración de la vivienda.
- Se incorporan sistemas de ventilación.

B. Vivienda nueva:

A contar después de un año de la publicación del Plan en el Diario Oficial.

- Se aumentan los estándares de transmitancia térmica para muros y techumbre.
- Se implementa el cálculo de riesgo de condensación.
- Se incorpora el control de infiltración de la vivienda.
- Se incorporan exigencias de estanqueidad en puertas y ventanas.
- Se incorporan sistemas de ventilación.

6.1.2 Segunda etapa.

A. Acondicionamiento térmico de viviendas existentes:

La fecha se establece dentro de cada PDA. A las exigencias indicadas en primera etapa, se agregan las siguientes:

- Se aumentan los estándares de transmitancia térmica para pisos ventilados, puertas y ventanas.
- Se incorporan exigencias de estanqueidad en puertas y ventanas.

B. Vivienda nueva:

La fecha se establece dentro de cada PDA.

- Se aumentan los estándares de transmitancia térmica para pisos ventilados, puertas y ventanas.
- Se incorpora aislación térmica de sobrecimiento.

6.1.3 Condensación.

Es el fenómeno por el cual el vapor de agua contenido en el aire, al enfriarse, se transforma en agua líquida.

Se produce si la temperatura de un objeto está por debajo de la temperatura de rocío del ambiente, el agua contenida en el aire se condensará en la superficie o en el interior del objeto.

6.1.4 Temperatura de rocío.

Es la temperatura máxima a la cual el ambiente se satura, es decir que no es capaz de contener más vapor de agua y por lo tanto condensa.

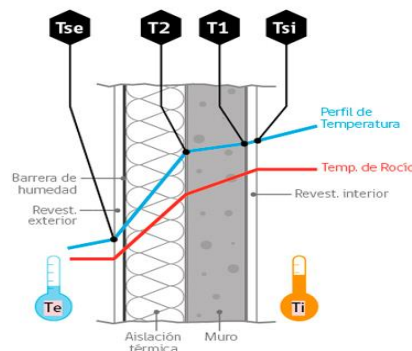
6.1.5 Humedad por condensación.

La humedad por condensación se puede presentar en dos formas:

Condensación superficial (interior): Se genera en la superficie del elemento constructivo, se identifica fácilmente y produce daños en el revestimiento interior.

Condensación intersticial: Se genera en el interior del sistema constructivo en las capas o en el encuentro entre capas que lo componen, resulta más difícil de identificar y puede producir daños en los materiales (aislante térmico, revestimientos y elementos estructurales).

Imagen N° 6: Diagrama de conceptos



Fuente: Planes de Descontaminación atmosférica (2018), MINVU

6.1.6 Hermeticidad e Infiltraciones de aire.

La hermeticidad al aire de una edificación define su capacidad para oponerse a las infiltraciones de aire.

Las infiltraciones de aire, se definen como el intercambio de aire no controlado a través de grietas ocultas, encuentros entre materiales y aberturas o perforaciones de la envolvente. Generan cargas térmicas, de frío o de calor según la temporada, que inciden en el desempeño energético de los edificios.

La hermeticidad de una edificación se expresa en la clase de infiltración de aire y se mide en cantidad de renovaciones de aire del volumen de la vivienda por hora (ach) y se evalúa de manera experimental a un diferencial de presión de 50Pa.

6.1.7 Permeabilidad al aire de puertas y ventanas.

La permeabilidad al aire de puertas y ventanas se define como la propiedad intrínseca del elemento en estado cerrado, de oponerse al paso del aire a través de él, cuando es sometido a un diferencial de presión de aire entre dos ambientes; interior y exterior.

La permeabilidad al aire del elemento se expresa en el grado de estanqueidad al viento medido en m^3/hm^2 y se evalúa de manera experimental a un diferencial de presión de 100Pa.

6.1.8 PDA Región Metropolitana.

El Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (D.S.N°31/2017 del Ministerio del Medio Ambiente), establece una serie de medidas para las principales fuentes de emisión identificadas en la zona.

La población beneficiada por este Plan es de 7.112.808 (Censo 2017). Las principales medidas de este Plan son:

Control de emisiones asociadas a fuentes móviles.

Control de emisiones de fuentes fijas.

Regulación para el control de emisiones provenientes del uso de leña, pellets de madera y otros derivados de la madera.

Control de emisiones asociadas a las quemas agrícolas, forestales y de residuos en general.

Control del levantamiento de polvo y generación de áreas verdes.

Compensación de emisiones.

Educación ambiental y gestión ambiental local.

Gestión de episodios críticos de contaminación.

6.2 Transmitancias máximas

A. Exigencias.

Los complejos de techumbre, muros perimetrales, pisos ventilados y puertas exteriores opacas, entendidos como elementos que constituyen la envolvente térmica de la edificación, deberán tener una transmitancia térmica U igual o menor, o una resistencia térmica total R_t igual o superior, a la señalada en la TABLA 1, para la zona térmica que le corresponda al proyecto de arquitectura.

Imagen N° 7: *Transmitancias máximas*

TABLA 1. Transmitancia térmica U máxima y Resistencia térmica R_t mínima para complejos de techumbre, muros, pisos ventilados y puertas opacas exteriores.

ZONA TÉRMICA	COMPLEJO DE TECHUMBRE		COMPLEJO DE MURO		COMPLEJO DE PISO VENTILADO		PUERTAS OPACAS	
	U	R_t	U	R_t	U	R_t	U	R_t
	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W
D	0,38	2,63	0,80	1,25	0,70	1,43	1,70	0,59
H	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,70	0,59

Fuente: Estándares de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas del FSEV-RM (2018), DITEC.

Las exigencias señaladas en la TABLA 1 serán aplicables a aquellos elementos constructivos perimetrales que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos y no serán aplicables a aquellos elementos constructivos que separen unidades independientes de vivienda.

Los recintos cerrados contiguos a una vivienda, tales como bodegas, leñeras, estacionamientos, invernadero, circulaciones, instalaciones, servicios y locales destinados a usos distintos del habitacional, serán considerados como recintos abiertos y sólo les será aplicable las exigencias de la TABLA 1 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.

Con el objeto de disminuir el riesgo de condensación intersticial, en los complejos de muros macizos, la aislación térmica necesaria para cumplir el valor U y R_t deberá ser instalada por su cara exterior, y en muros de entramados, el material aislante deberá

instalarse por la cara exterior, o bien, repartido entre el interior del entramado y la cara exterior del mismo, cumpliendo con el valor U y Rt exigidos.

Se considerará complejo de puerta opaca al conjunto de marco y hoja que lo conforman, y las exigencias señaladas en la TABLA 1, solo serán aplicables a las puertas opacas y a las partes opacas de puertas con zonas vidriadas que comuniquen espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos. Lo anterior, independiente del ángulo de inclinación del elemento y del complejo donde se ubique.

Las zonas vidriadas de las puertas opacas y las puertas vidriadas serán consideradas como elementos traslúcidos y les serán aplicables las exigencias establecidas en el punto 3. Elementos traslúcidos.

A. Alternativas para cumplir las exigencias.

Para los efectos de cumplir con las exigencias establecidas en la TABLA 1 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1-. Mediante la incorporación de un material aislante, rotulado según la norma técnica NCh 2251, que cumpla con una resistencia térmica R100 igual superior a la señalada en la TABLA 2 para la zona térmica que le corresponda al proyecto de arquitectura. Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muros o al complejo de piso ventilado.

Imagen N° 8: Resistencias térmicas mínimas

TABLA 2. Resistencia térmica R100 mínima del material aislante térmico en complejo de techumbre, muro y piso ventilado en edificaciones de uso residencial, educación y salud.

ZONA TERMICA	COMPLEJO DE TECHUMBRE	COMPLEJO DE MURO	COMPLEJO DE PISO VENTILADO
	R100	R100	R100
	$[(m^2K)/W] \times 100$	$[(m^2K)/W] \times 100$	$[(m^2K)/W] \times 100$
D	263	125	143
H	400	333	313

(*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica $(m^2K/W) \times 100$.

La resistencia térmica R100 se calculará en base a la Ecuación 1:

$$R100 = \frac{e \times 100}{\lambda}$$

Donde:

e: espesor del material aislante térmico, medido en metros (m)

λ : conductividad térmica del material aislante térmico $W/(mK)$

Fuente: Estándares de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas del FSEV-RM (2018), DITEC.

2-. Mediante Informe de ensayo demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica exigida, 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.

Para complejo de techumbre, muros y piso ventilado; el ensayo debe realizarse conforme al procedimiento indicado en la NCh 851.

Para complejo de puerta opaca el ensayo debe realizarse conforme al procedimiento indicado en la NCh 3076_1 y 3076_2.

3-. Mediante memoria de cálculo demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica exigida, realizado por un profesional competente.

Para complejo de techumbre, muros y piso ventilado; el cálculo debe realizarse conforme al procedimiento indicado en la NCh 853 y NCh 3117 según corresponda.

Para complejo de puerta opaca el cálculo debe realizarse conforme al procedimiento indicado en la NCh 3137_1 y 3137_2.

4-. Mediante la especificación de alguna de las soluciones constructivas para el complejo de techumbre, muro, piso ventilado y puerta 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. (DITEC, 2018, p.1;2)

6.3 Ventilación

Es la renovación del aire viciado del interior de una edificación mediante el ingreso de aire fresco del exterior, idealmente a una tasa de renovación conocida y calculada.

La excesiva ventilación produce pérdida de energía térmica, aumentando el consumo de calefacción.

El sistema de ventilación debe estar bien balanceado para propiciar que todas las habitaciones o recintos de la vivienda estén siendo ventilados con el caudal y la tasa de renovación adecuados al uso de cada recinto.

La finalidad de la ventilación es:

- Asegurar la calidad del aire respirable
- Asegurar la salubridad del aire, tanto en el control de la humedad relativa interior, como en las concentraciones de gases o partículas en suspensión, manteniéndolos en rango de confort.

- Colaborar en disminuir la ocurrencia de condensación superficial e instesticial de los carramientos, tanto verticales como horizontales, en el caso de acondicionamiento térmico de viviendas.

6.3.1 Principios básicos de un sistema de ventilación.

Principio N°1

Flujo de aire que entra = Flujo de aire que sale, es decir que los caudales de admisión de aire y de extracción de aire deben encontrarse siempre en equilibrio.

Principio N°2

El ingreso del flujo de aire debe realizarse por recintos secos y limpios y la extracción de aire debe realizarse por recintos húmedos y/o sucios.

Recintos secos y limpios: Dormitorios, estar y comedor.

Recintos húmedos y sucios: Baños y cocinas.

Principio N°3

Los locales secos o limpios deben disponer de aberturas de admisión y los locales húmedos o sucios deben disponer de aberturas de extracción. En las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso.

Principio N°4

El aire debe circular desde los locales secos o limpios a los húmedos o sucios.

Fuente: Manual de hermeticidad del aire de Edificaciones CITEC UBB – DECON UC 2014.

Las viviendas deberán contar con un sistema de ventilación que garantice la calidad del aire interior. Lo anterior será acreditado mediante la norma NCh3308 y NCh3309, según corresponda.

6.3.2 Dispositivos de inyección pasiva.

Perforación del muro o tabique

Primero se debe realizar el trazado y la perforación del muro o tabique. En cada recinto, se llevarán a cabo las respectivas perforaciones mediante el uso de una testiguera adecuada para hacer perforaciones en paramentos verticales, para el caso de muros de hormigón o albañilería.

En el caso de muros de tabiquería se harán las perforaciones mediante el uso de una broca tipo copa del diámetro adecuado a la perforación que se requiera.

No se permitirá hacer la perforación por medio de diversas perforaciones menores, ya que se requiere que el borde perimetral del atraveso sea regular y liso para poder practicar los sellos de estanqueidad de buena manera y con seguridad.

El diámetro de la perforación deberá ser mayor que el diámetro del tubo o ducto a instalar, debiendo quedar una holgura de 1cm por todo el perímetro del atraveso, el cual posteriormente será rellenado con espuma de poliuretano spray.

Instalación del ducto del dispositivo de inyección

Finalizada la perforación en el muro o tabique, se deberá limpiar toda el área intervenida para asegurar la correcta adherencia del sello interior. Posteriormente se realizará la instalación del ducto del dispositivo de ventilación. Se deberá asegurar su continuidad a través de toda el área de traspaso por el muro.

Instalación de sellos para la hermeticidad al paso del aire en el ducto de ventilación

Posteriormente se deberán instalar los sellos y rellenos de espuma, de acuerdo a la especificación técnica señalada en las fichas H5 ó H6 de las soluciones a la Hermeticidad al paso del aire.

6.3.3 Consideraciones generales de la instalación de sistemas de ventilación pasiva.

- La altura mínima recomendada de instalación es de 1,80m sobre NPT y a 30cm de la esquina del muro.
- Estos elementos no se podrán instalar cerca de una fuente de calor. El distanciamiento mínimo respecto a una fuente de calor es de 3m.
- Las aberturas de ventilación en contacto con el exterior deben disponerse de tal forma que se evite la entrada de agua lluvia o estar dotadas de elementos adecuados para el mismo fin.
- Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.
- Se deberán considerar todos los aspectos constructivos detallados y señalados para cada vivienda en particular.
- La capacidad de los artefactos de ventilación pasiva en m³/h o l/s deberán cumplir con los caudales calculados y requeridos por cada recinto.

6.3.4 Filtros para material particulado fino MP2.5.

Para efectos de lograr depurar el aire que ingresa desde el exterior, contaminado con material particulado MP 2.5, antes del ingreso al interior de la vivienda, se consulta la

incorporación de un filtro tipo flimmer o similar, que permite purificar el aire de admisión exterior filtrando el material particulado fino MP 2.5 durante el proceso de ingreso del aire exterior a la vivienda. Este filtro es instalado en el interior del ducto de ventilación pasiva, ya que separa las partículas contaminantes del aire y las retiene. Las partículas capturadas por el filtro permanecen atrapadas gracias a una doble capa de fibras cargadas electrostáticamente.

La capacidad mínima requerida para este tipo de filtro deberá ser de 10 m³/h o 2,7 l/s. Se recomienda la instalación de este tipo de filtro o uno de mayor eficiencia en todos los sistemas de ventilación tipo pasivo (aireadores) a colocar en las fachadas de la vivienda, dado su bajo costo y alto beneficio en la depuración del aire que ingresa a la vivienda.

Instalación del Filtro en el ducto

Una vez finalizado el proceso de perforación en el muro o tabique, y después de colocar la rejilla exterior de ingreso, se recomienda instalar el filtro en el interior del ducto de cada aireador tipo pasivo a utilizar y que se encuentre en contacto con el exterior, en las fachadas de la vivienda.

6.3.5 Atenuadores acústicos.

El atenuador acústico del dispositivo de ventilación debe ser provisto por el mismo fabricante del dispositivo de ventilación y deberá garantizar una atenuación mínima para llegar por debajo de los 45db, encontrándose el dispositivo con todo el paso abierto de la regulación de ventilación.

6.3.6 Dispositivos de traspaso de aire entre recintos.

El sistema de ventilación mecánica controlada (VMC) se complementa con la instalación de dispositivos de traspaso de aire entre los recintos, los cuales consisten en celosías rectangulares ubicados preferentemente en la parte inferior de las puertas de dormitorios y baños a +20cm del NPT.

Estas celosías son de material plástico, de 40x7cm aproximadamente; y deben ser de doble faz, es decir, deben tener las lamelas de la celosía por ambos lados de la puerta.

6.4 Infiltraciones

Acreditación de infiltraciones de puertas y ventanas:

Mediante el 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 Minvu, en base a las normas NCh3296 y NCh3297.

Alternativas de acreditación de infiltraciones de la vivienda:

Mediante el Certificado de Ensaye efectuado a una vivienda omuestra representativa de un conjunto de viviendas, en terreno, en base a la NCh3295 y según el procedimiento de muestreo que el MINVU defina para ello.

Mediante EETT mínimas, a la falta de laboratorios acreditados para el cumplimiento de este estándar. Esta alternativa dejará de estar permitida cuando el MINVU así lo establezca, mediante el correspondiente acto administrativo.

A. Exigencias.

En los proyectos de viviendas emplazadas en todas las provincias de la Región Metropolitana, se deberán controlar las infiltraciones de aire producidas por imperfecciones y defectos constructivos de la envolvente térmica. Para el control de infiltraciones se deben abordar las partidas referidas a sellos en:

- Encuentros entre marcos y vanos de puertas y ventanas
- Uniones de elementos de distinta materialidad
- Uniones de elementos de una misma materialidad
- Perforaciones de todas las instalaciones
- Encuentro de solera inferior con su elemento de soporte
- Encuentro de solera superior con el elemento que soporta
- Dispositivos de ventilación y extractores de aire
- Ductos de evacuación de gases
- Otros similares

B. Alternativas para cumplir las exigencias.

Mediante la incorporación de la partida “Control de infiltraciones de aire” en las Especificaciones Técnicas y la presentación de las “Fichas de soluciones constructivas de hermeticidad MINVU”, correspondientes a las soluciones constructivas del proyecto. (DITEC, 2018, p.6)

6.5 Extracciones

6.5.1 Dispositivos de extracción mecánica.

Instalación de los extractores mecánicos

Realizar la perforación en el techo o muro según sea el caso del tipo de extractor a instalar. Al realizar la perforación en el muro o entretecho. Se recomienda dejar un espacio adecuado que permita la holgura necesaria para el traspaso de la instalación a

través de él. Para efectos de realizar la perforación en el muro se recomienda proceder de acuerdo con lo especificado en las fichas H5 ó H6 de las soluciones de Hermeticidad al paso del aire.

Fijación del extractor a la superficie

Una vez realizadas las perforaciones correspondientes en el muro o entretecho se deberá proceder a realizar las perforaciones en donde serán instalados los tornillos. Posteriormente se recomienda sacar la rejilla y cubierta de la caja de los cables. Luego se deberá alinear al extractor con el ducto para luego fijarlo a la superficie.

Conexión eléctrica del extractor

Posteriormente se deberá proceder a instalar el cuerpo del extractor en la perforación del muro o cielo del recinto para luego fijar la posición final de los tornillos de anclaje. De todas maneras se deberá respetar las condiciones de hermeticidad para la instalación del ducto según indicaciones formuladas en las Fichas H5 y H6.

El equipo extractor deberá ser conectado en forma independiente al interruptor de iluminación del recinto, ya que este aparato funcionará según lo conecte o desconecte el higrostat o sensor de humedad. Una vez finalizada la instalación del extractor con sus respectivos ductos se deberá colocar la rejilla en el cuerpo del extractor y fijarla a este mediante sus tornillos. Una vez conectado el aparato a la red eléctrica se deberá proceder a regular el rango de trabajo del sensor de humedad y probar su funcionamiento.

Se recomienda regular el sensor de humedad para que se active con 65%HR y se detenga cuando baje a 50%HR.

6.5.2 Consideraciones generales de la instalación.

- Se deberán respetar todas las indicaciones de instalación señaladas por el fabricante, dado que la factibilidad de instalación deberá ser analizada en terreno.
- Para la instalación de los ductos de salida se deberán respetar las siguientes consideraciones técnicas, determinadas por la O.G.U.C. “La salida del ducto al exterior, salvo especificación distinta contemplada en el respectivo proyecto, deberá sobresalir al menos 1m de la cubierta y situarse a una distancia libre no menor a 3m de cualquier elemento que entorpezca la ventilación por dos o más de sus costados”.
- Los conductos de extracción no pueden compartirse con locales de otros usos salvo con los de bodegas.
- Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de aire de locales de otro uso. Cuando este conducto

sea compartido por varios extractores, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sólo cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema anti retorno.

- Las bocas de expulsión deben disponer de malla mosquetera u otros elementos similares para evitar en ingreso de pájaros, lluvia y otros elementos.

6.6 Porcentaje máximo de ventanas

A. Exigencias.

Los complejos de ventanas según su orientación y valor de transmitancia térmica U, deberán cumplir con el porcentaje máximo de superficie indicado en la TABLA 4, para la zona térmica que le corresponda al proyecto de arquitectura.

Los complejos de ventana deberán cumplir con las normas chilenas de requisitos básicos y ensayos mecánicos.

Cuando la vivienda posea menos del 60% de la superficie total de los muros perimetrales expuesta al ambiente exterior o a espacios contiguos abiertos o no acondicionados, se podrá utilizar el porcentaje indicado para la orientación “POND”. El porcentaje obtenido para la orientación POND se aplicará al total de los paramentos verticales que componen la envolvente y podrá distribuirse entre los muros perimetrales expuestos al ambiente exterior o a espacios contiguos abiertos o no acondicionados.

Imagen N° 9: Porcentaje máximo de ventanas

TABLA 4. Porcentaje máximo de superficie de ventanas según orientación y valor U, para cada zona térmica.

ZONA TERMICA	ORIENTACION U	% SEGÚN TRANSMITANCIA TERMICA U									
		≤1,2	≤1,6	≤2	≤2,4	≤2,8	≤3,2	≤3,6	≤4	≤4,4	≤5,8
D	Norte	91%	89%	87%	85%	83%	80%	77%	73%	69%	25%
	O - P	70%	68%	65%	63%	60%	57%	53%	49%	44%	15%
	Sur	59%	57%	54%	51%	48%	44%	40%	35%	29%	10%
	POND	41%	40%	38%	37%	35%	33%	31%	28%	25%	10%
H	Norte	74%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	47%	38%	0%
	O - P	32%	31%	29%	27%	25%	23%	20%	16%	12%	0%
	Sur	27%	25%	23%	20%	18%	15%	12%	7%	0%	0%
	POND	28%	26%	25%	23%	20%	18%	15%	11%	0%	0%

Fuente: Estándares de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas del FSEV-RM (2018), DITEC.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas por orientación dela vivienda, se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- a) Identificar las orientaciones correspondientes a los paramentos verticales de la envolvente. Determinar la orientación predominante para cada muro perimetral de la unidad habitacional a partir de la dirección de su normal, expresada en grados sexagesimales. La dirección 0° estará definida por el norte geográfico, por lo que las orientaciones estarán limitadas de acuerdo a lo establecido en la TABLA 5.

Imagen N° 10: Definición de orientaciones para complejos de ventanas

TABLA 5. Definición de orientaciones para acreditación de exigencias de complejo de ventanas.

ORIENTACION	RANGO	
NORTE	Mayor o igual a 315° y menor que 45°	
ORIENTE	Mayor o igual a 45° y menor que 135°	
SUR	Mayor o igual a 135° y menor que 225°	
PONIENTE	Mayor o igual a 225° y menor que 315°	

Fuente: Estándares de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas del FSEV-RM (2018), DITEC.

- b) Determinar la superficie de los paramentos verticales de la envolvente por orientación. La superficie por orientación a considerar para este cálculo corresponderá a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales identificados para cada orientación, incluyendo medianeros.
- c) Determinar la superficie de ventanas por orientación del proyecto de arquitectura, correspondiente a la suma de la superficie de vanos de los muros identificados para cada orientación. Para el caso de ventanas salientes, se considerará como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo del complejo de ventana. En estos casos, se deberá determinar la orientación para cada superficie vidriada, de acuerdo a la dirección de la normal, para ser considerada en el cálculo por orientación.

La superficie máxima de ventanas por orientación que podrá contemplar el proyecto de arquitectura corresponderá a la superficie que resulte de aplicar los valores porcentuales establecidos, respecto de la superficie de los paramentos verticales por orientación de la edificación, considerando la zona térmica y el valor de transmitancia térmica del complejo de ventana que se especifique.

Cuando el proyecto considere ventanas de distinto comportamiento térmico (U) en una misma fachada, se deberá cumplir el porcentaje máximo permitido para el valor de transmitancia térmica más bajo, para la orientación correspondiente.

B. Alternativas para cumplir las exigencias.

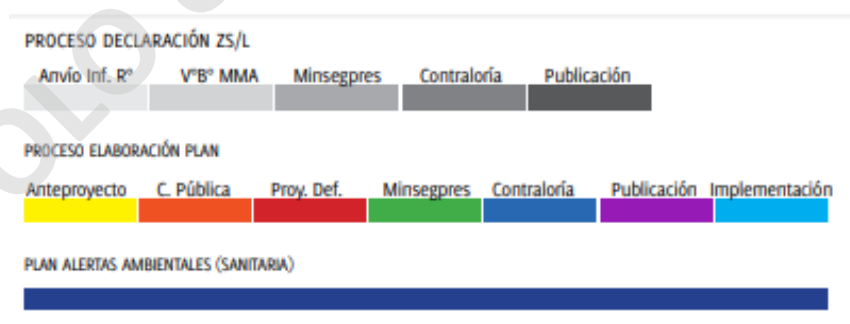
Para acreditar el porcentaje de ventanas según orientación y valor U:

Mediante Informe elaborado por un profesional competente, indicando el cumplimiento de la superficie de complejo de ventana por orientación exigida y el valor de transmitancia térmica por orientación, según TABLA 4. El valor de transmitancia térmica del complejo de ventana podrá ser acreditado mediante:

- Memoria de cálculo de transmitancia térmica U, desarrollado conforme al procedimiento de la norma NCh 3137/1 y 3137/2. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.
- Informe de Ensayo de transmitancia térmica, realizado conforme a la NCh 3076/1 y 3076/2, 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.
- Mediante la especificación de un elemento 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.
- Ante la ausencia de soluciones para elementos de ventanas en el Listado antes mencionado, se podrá usar como medio de acreditación, las fichas de soluciones de ventanas disponibles en SERVIU RM. (DITEC, 2018, p.3;4;5)

6.7 Cronograma de la aplicación del PDA en Chile.

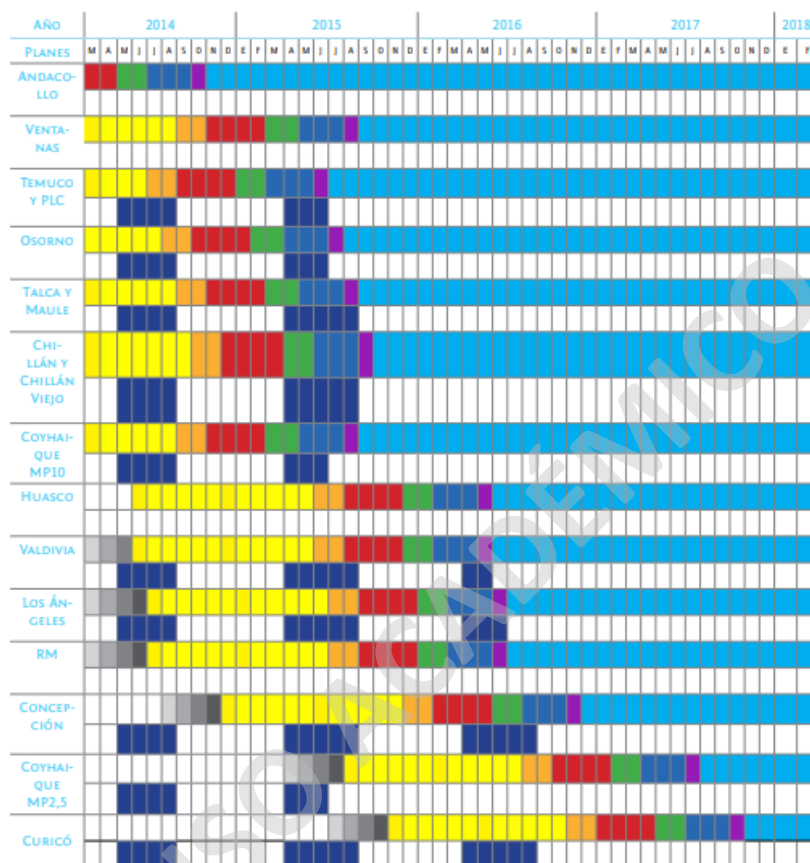
Imagen N° 11: Simbología del cronograma de los planes a nivel nacional



Fuente: Planes de Descontaminación Atmosférica (2014), Ministerio del Medio Ambiente.

Imagen N° 12: Cronograma de implementación de los planes a nivel nacional

TABLA 5.1 ANEXO TÉCNICO: PLANES A NIVEL NACIONAL



Fuente: Planes de Descontaminación Atmosférica (2014), Ministerio del Medio Ambiente.

Del Cronograma anterior se puede inferir que:

Del año 2014 a la fecha, ya se están implementando todos los planes en los sectores con mayor riesgo de contaminación atmosférica.

En los sectores de Andacollo, Ventanas, Huasco y la Región Metropolitana no se aplicaron planes de alertas ambientales sanitarias.

6.7.1 Líneas de financiamiento del PDA a lo largo de Chile.

La Estrategia de Planes de Descontaminación Atmosférica del año 2018, contó con MM\$682. Complementariamente, se asignaron MM\$4.089 destinados al Programa de

Calefacción Sustentable, para el recambio de calefactores a leña, tanto en hogares como en instituciones públicas.

Imagen N° 13: *Presupuesto total de planes de Descontaminación Atmosférica*

Plan	Beneficio (MMUSD)	Costo (MMUSD)	Beneficio Neto (MMUSD)	Razón Beneficio-Costo
Andacollo	1,5	15,8	-14,3	0,1
Coyhaique	143	29	114	4,9
Osorno	390	62	328	6,3
Chillán y Chillán Viejo	213	55	158	3,9
Talca	374	67	307	5,6
Huasco	2,4	26,4	-20	0,1
Los Angeles	200	56	144	3,6
Valdivia	376	51	325	7,4
Santiago Respira	7.977	1.013	6.965	8
Con-Con-Puchuncaví	19	2,5	16,5	7,6
Curicó	203	58	145	3,5
Temuco	1.443	299	1.144	5
Total	11.353	1.734,7	9.612,2	6,5

Fuente: Proyecto de Presupuesto 2018 (2017), Ministerio del Medio Ambiente.

6.8 Factibilidad técnica de implementación de los planes

Este aspecto no tiene mucha dificultad, ya que el PDA cuenta con fichas técnicas y soluciones constructivas para los distintos tipos de materialidad que se puedan presentar en las viviendas.

6.9 Factibilidad económica de implementación de los planes

Al ser un subsidio voluntario, las personas que postulan para recibirlo son beneficiadas con 80 UF para distribuir las en las recomendaciones que sugiere el PDA, siendo lo más dificultoso decidir en qué aspecto destinar más o menos dinero. Según lo recomendado por el PDA, lo más importante de la envolvente de la vivienda es la techumbre, muros y puertas, luego las ventanas (determinar las más desfavorables) y finalmente la ventilación y las infiltraciones.

7.-CAPÍTULO III: Descripción de casos

En este capítulo analizaremos dos proyectos de vivienda social, uno es un edificio de hormigón armado que está ubicado en la comuna de El Bosque, y el otro es un condominio de paneles estructurales en madera ubicado en la comuna de Laja (VII Región), el cual será simulado con las condiciones de la Región Metropolitana.

7.1 Presentacion de casos a analizar

7.1.1 Proyecto Villa La Estrella.

- a) Planos generales de la vivienda con sus EETT.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
Viviendas Aisladas y Pareadas.
Vivienda Fondo Solidario de Elección de Vivienda DS 49/2011.
2016.

Proyecto	: 110 Viviendas Pareadas e individuales.
Construye	: Constructora García Ltda.
Comuna	: Laja.
Región	: Octava.
Superficie Unitaria	: 46,82 m2 pareadas (98 Viviendas) 46,84 m2 aisladas (12 Viviendas)
Arquitecto Proyectista	: Sr. Gonzalo Fierro Isla.
Ingeniero Calculista	: Sr. Roberto Stocker Lagos.
Ingeniero Proy. O. Urb.	: Sr. Fernando Montoya Stringfellow.
Profesional Visitador	: Sr. Jaime Cuitiño.

0.- GENERALIDADES.

0.1.- Descripción general y alcance de la Obras.

Las presentes especificaciones técnicas se refieren a la construcción del proyecto de edificación y Loteo D.S 49. Portal de Negrete, propiedad de Constructora García Ltda., ubicado en Calle Roberto Hojas N° 4, comuna de Negrete.
La superficie de terreno es de 27.165,64 m2 según Plano de Loteo.

0.2.- Permisos, pagos de derechos y de consumos, recepciones, etc.

Se consulta la cancelación de los permisos municipales respectivos.
Se consideran los requeridos por la Dirección de Obras Municipales, Essbio, Serviu, y SEC.
Serán de cargo del contratista el costo de la firma ante notario del contrato de la obra, la escrituración de prohibición y demás antecedentes notariales requeridos para el cobro del subsidio, así como todos los gastos que irrogue el contrato.
La contratación de las obras, la tramitación necesaria para obtener las inscripciones correspondientes en el Conservador de Bienes Raíces y en general el desarrollo de todos los trámites y acciones necesarias para la correcta ejecución de las obras, recepción de las mismas y pago de subsidios, todo se enmarcará en lo dispuesto en el DS 49/2011.

0.3.- Normas y reglamentos.

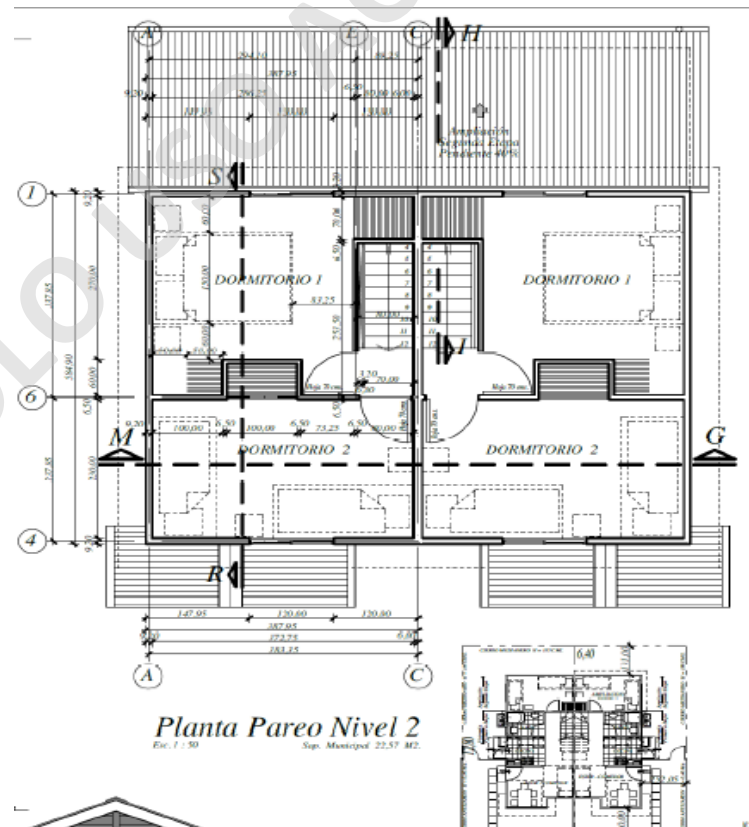
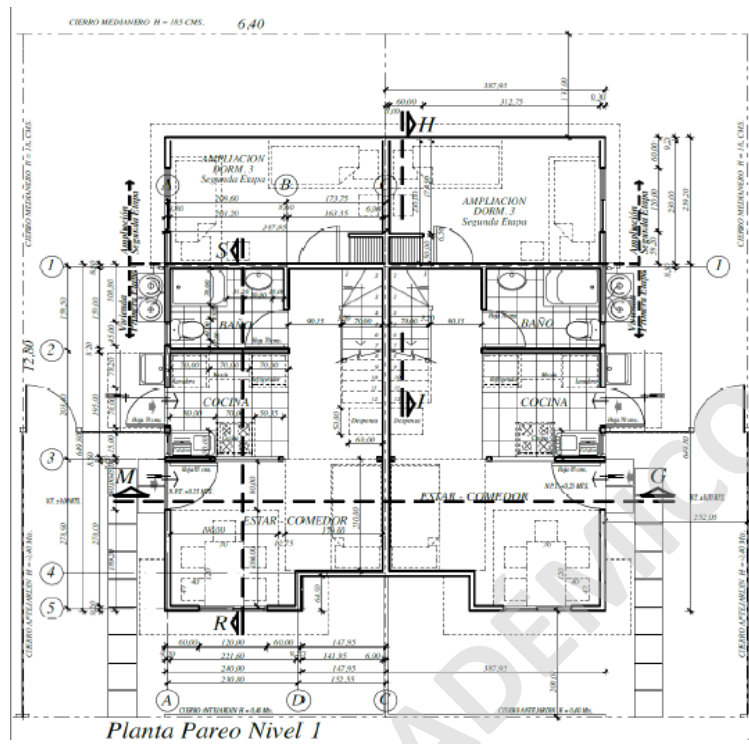
Las siguientes E.E.T.T. cumplen con las normas NCh descritas en ítemizado técnico, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, y a Ley General de urbanismo y construcción, DS 49/11 (V. y U.), Cuadros Normativos Resolución Extra 9013/08.11.2012 (V. y U.), Ítemizado Técnico Resolución Extra. 542/04.07.2014 (V. y U.), y sus modificaciones vigentes a la fecha de aprobación del proyecto, normativa resistencia al fuego, acústica y térmica.

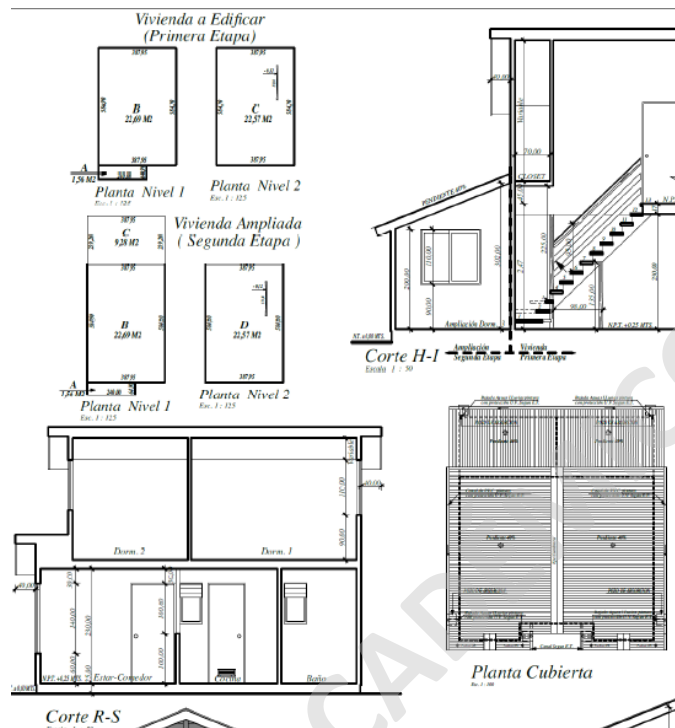
0.4.- Antecedentes.

Se considera, planos de arquitectura, ingeniería estructural, instalaciones, especificaciones técnicas, y demás documentos que se entreguen, se complementan entre sí, en forma tal, que las partidas, obras y materiales, puedan estar indistintamente expresados en cualquiera de ellos.

0.5.- Materiales, mano de obra, herramientas y equipos.

Se consulta las condiciones generales de los materiales, mano de obra competente, calidad y mantención de los equipos.
Todos los materiales deberán cumplir con las exigencias fijadas por las normas I.N.N., leyes, ordenanzas y/o reglamentos vigentes y con las instrucciones de los fabricantes.





b) Calificación energética de la vivienda

Orientación Nor-Oeste

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m ² -año]	Demanda Refrigeración [kWh/m ² -año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m ² -año]	% Ahorro Total [kWh/m ² -año]	Letra
Caso Base Oficial	3.770,4	1.058,0	86,3	24,2	no aplica	no aplica	110,49		
Caso Propuesto	2.576,4	754,4	59,0	17,3	32%	29%	76,2	31%	D

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	121,8	56,5	42%	20%
Caso Propuesto	127,0	45,0	44%	16%

Orientación Nor-Este

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m ² -año]	Demanda Refrigeración [kWh/m ² -año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m ² -año]	% Ahorro Total [kWh/m ² -año]	Letra
Caso Base Oficial	3.773,5	1.059,5	86,3	24,2	no aplica	no aplica	110,59		
Caso Propuesto	2.595,5	771,3	59,4	17,7	31%	27%	77,0	30%	D

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	123,3	48,8	43%	17%
Caso Propuesto	126,0	48,0	44%	17%

Orientación Sur-Este

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.770,6	1.049,7	86,3	24,0	no aplica	no aplica	110,30	28%	D
Caso Propuesto	2.691,1	759,2	61,6	17,4	29%	28%	79,0		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	121,5	54,8	42%	19%
Caso Propuesto	131,0	45,0	45%	16%

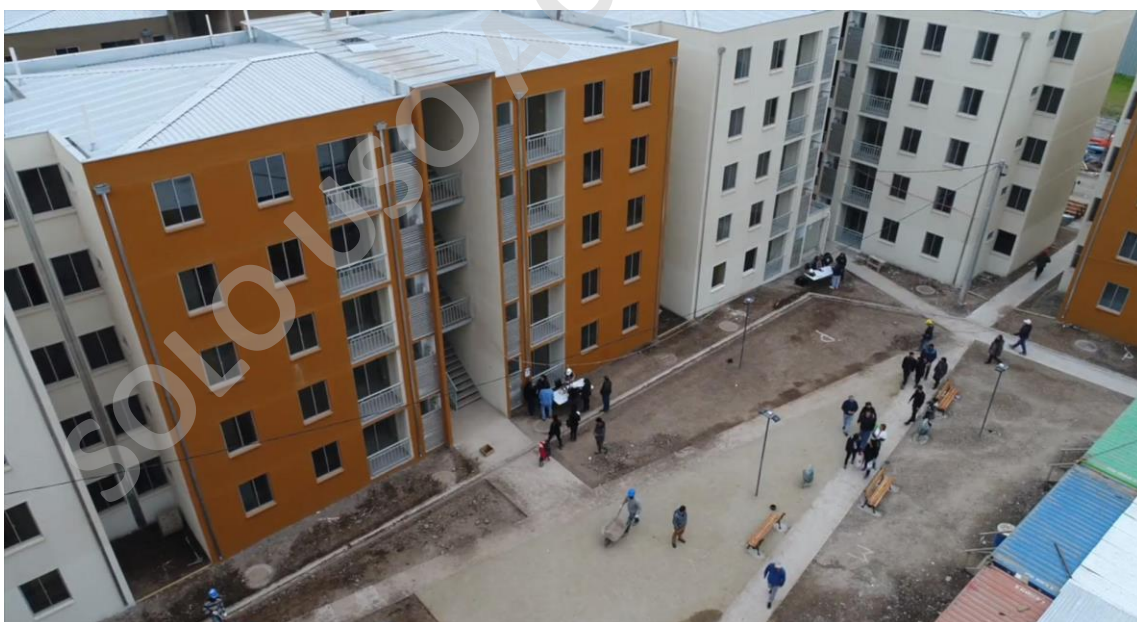
Orientación Sur-Oeste

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.761,7	1.054,3	86,1	24,1	no aplica	no aplica	110,20	29%	D
Caso Propuesto	2.743,6	661,0	62,8	15,1	27%	37%	77,9		

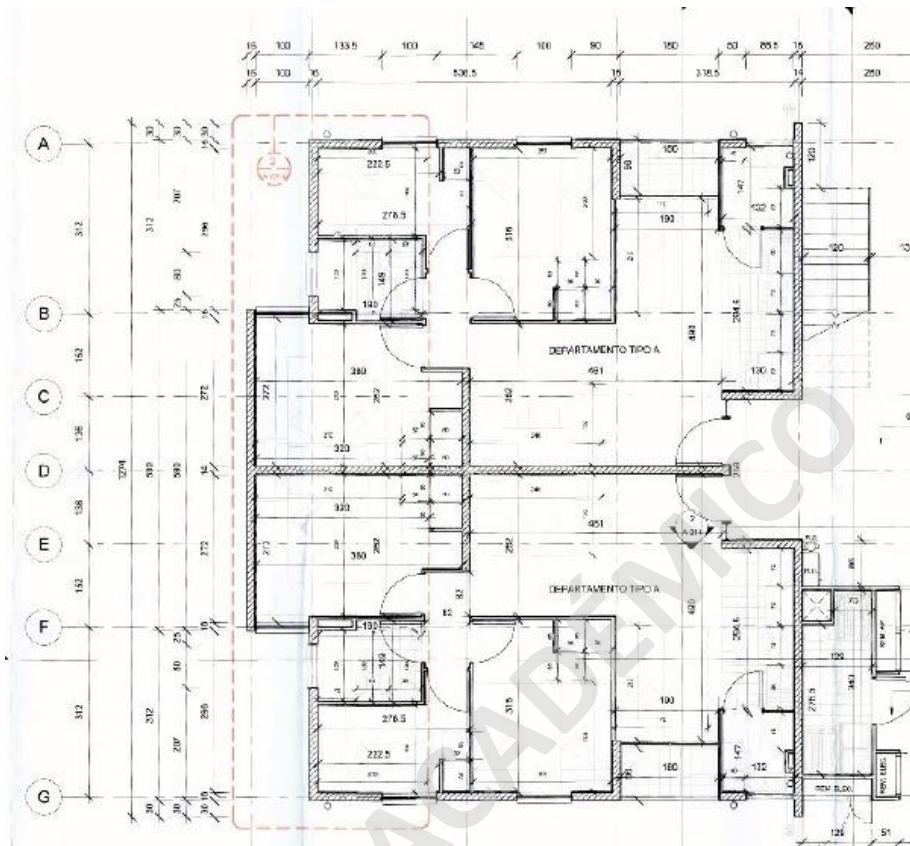
Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	123,8	48,3	43%	17%
Caso Propuesto	133,0	43,0	46%	15%

7.1.2 Proyecto Condominio La Estancia del Bosque 1

a) Planos generales del edificio y departamento con sus EETT



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
0.- GENERALIDADES			
PROYECTO	Condominio La Estancia del Bosque I		
CODIGO		TIPO	CNT
LOCALIDAD	El Bosque	N° VIVIENDAS	388
COMUNA	El Bosque	REGION	XIII
ENTIDAD PATROCINANTE	OVAL		
NOMBRE COMITE	Comité de Allegados O'Higgins		
EMPRESA CONSTRUCTORA	OVAL		
FECHA	16/03/2016		
Consideraciones para la elaboración de las especificaciones técnicas. Deben presentarse en los formularios entregados en total coordinación con el Formulario de Presupuesto tipo. El desarrollo de cada partida debe la menos incluir lo siguiente: • Descripción general de la faena indicando las concordancias mínimas con el resto de los trabajos y/o condiciones para ser ejecutadas. • Materiales, herramientas y equipos necesarios, con sus respectivas especificaciones. • Forma de ejecución y/o instalación, considerando las etapas de preparación, colocación y cuidados posteriores. • Tolerancias • Forma de control de calidad de la partida, indicando tipo de ensayos y frecuencia. • Unidad de medida. En caso que la partida sea compleja, debe desglosarse en las sub-partidas que la componen. En el caso que correspondan a ensayos debe indicarse en que partidas se aplicará y con que frecuencia.			
0.- GENERALIDADES			
0.1 Descripción general y alcance de las obras			
La Obra Condominio La Estancia del Bosque I consiste en la ejecución de 388 departamentos en régimen de copropiedad. Este proyecto cuenta Área de Equipamiento, Sede Social y Áreas Verdes, las cuales se distribuyen al interior del condominio. Los departamentos se han proyectado en estructura de Hormigón Armado, las tuberías se consideran en Perfilera de acero galvanizado y revestimiento de placas según cada recinto. Las presentes especificaciones técnicas acogen integralmente el Itemizado Técnico de Construcción para Proyectos del Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda (I.T.C.) correspondiente a la Resolución exenta N° 9030 (V. y U.) del 8 de Noviembre del año 2012. En caso de cualquier discrepancia o inconsistencia, las especificaciones técnicas presentadas se corregirán o complementarán según lo indicado en dicho documento. Será obligación de la empresa contratista el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto, no obstante estas no deben presentar condiciones inferiores a las establecidas en el presente Itemizado Técnico o de las modificaciones Regionales aprobadas por el MINVU que se hayan realizado.			
Será obligación del supervisor y del ITO, controlar que las obras se ejecuten de acuerdo a las Especificaciones Técnicas y que la ejecución de estas, presenten condiciones iguales o superiores a lo establecido en el Itemizado Técnico.			
0.2 Permisos, pagos de derechos y de consumos, recepciones, etc.			
Serán de cargo de la empresa constructora de las obras, y dentro del presupuesto presentado, todos los gastos y pagos por concepto de aportes y/o derechos para la obtención de certificados o inspecciones de Servicios Públicos, ocupación de vías públicas, roturas de pavimentos, seguros, consumos de agua y electricidad, etc. y en general, todos los gastos administrativos que no estén cubiertos por las labores que le correspondan a la EGIS. Los pagos de derechos y permisos municipales serán con cargo al mandante, pudiéndose solicitar rebaja de estos derechos por parte del Comité, en caso de ser solicitado un porcentaje de los derechos municipales serán de cargo de los beneficiarios o el mandante. El cargo por inscripción de Escrituras en Notaría y CBRS serán de cargo de los beneficiarios.			
0.3 Normas y reglamentos			
• Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. • Leyes, Ordenanzas y Decretos o disposiciones reglamentarias vigentes relativas a aprobaciones, derechos, impuestos, inspecciones fiscales, etc. • Legislación y Reglamentación relativa a instalaciones Sanitarias. • Legislación y Reglamentación relativa a instalaciones eléctricas y de combustibles. • Normas INN sobre construcciones, e instalaciones. • Normativas y reglamentos y disposiciones medioambientales • DS 49/2011 Reglamento del Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda • RE 9026/2012 V y U. Itemizado técnico DS 49 • RE 9011/2012 V y U. Cuadro Normativo DS 49 Se deja establecido que todas las acciones y los gastos que demande el cumplimiento de estas disposiciones serán de cuenta del Contratista Se deberán considerar además las siguientes normativas y leyes. Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. • Hormigones Según NCh 170 • Áridos para Hormigones Según NCh 163 • Agua de amasado Según NCh 1498 • Acero para Hormigón Según NCh 169 • Acero mallas para Hormigón Según NCh 218 • Requerimientos Acústicos Según OGUC 4.1.6 • Requerimientos Técnicos Según NCh 853; 2123 y OGUC 4.1.10 • Condensación y Ventilación Según Nch 1973; 2457 • Resistencia al fuego Según OGUC punto 4.3.1 al 4.3.9 Art. 1.1.2			
0.4 Antecedentes			
Prevalecerá lo indicado en Planos de Estructuras, Arquitectura y E.E.TT. Ante discrepancias entre planos o antecedentes la Empresa Constructora deberá estudiar los antecedentes previamente al inicio de la obra y realizar las consultas respectivas al Arquitecto a cargo del proyecto para ser subsanadas antes del inicio de las obras. Topografía Levantamiento Topográfico			



b) Calificación energética de la vivienda

Orientación Norte

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2823,3	71,9	59,8	1,5	no aplica	no aplica	61,34	2%	E
Caso Propuesto	2326,5	501,0	49,3	10,6	18%	-597%	59,9		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	139,5	13,0	48%	5%
Caso Propuesto	123,0	49,0	43%	17%

Orientación Este

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2725,2	55,8	57,7	1,2	no aplica	no aplica	58,92	1%	E
Caso Propuesto	2711,1	53,4	57,4	1,1	1%	4%	58,6		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	139,8	10,5	49%	4%
Caso Propuesto	135,0	15,0	47%	5%

Orientación Sur

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2844,0	59,1	60,3	1,3	no aplica	no aplica	61,51	2%	E
Caso Propuesto	2431,0	412,2	51,5	8,7	15%	-598%	60,2		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	140,3	10,0	49%	3%
Caso Propuesto	124,0	42,0	43%	15%

Orientación Oeste

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2693,2	46,7	57,1	1,0	no aplica	no aplica	58,05	21%	D
Caso Propuesto	1686,3	473,5	35,7	10,0	37%	-913%	45,8		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frio HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	139,5	11,3	48%	
Caso Propuesto	102,0	49,0	35%	17%

7.2 Mejoras a los casos

7.2.1 Mejoras para ambos tipos de vivienda

Para ambos proyectos consideraré los siguientes cambios, según indica el Plan de Descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana:

- Se modificarán los complejos de Muros, Techumbre y Puertas de la vivienda mejorando las transmitancias térmicas con respecto a las consideradas en el proyecto. No consideraré el Piso ventilado, ya que el valor es el mismo que exige la norma, y no generaría ninguna mejora.
- Se cambiarán todas las ventanas de la vivienda aumentando los mm de espesor de un termopanel doble vidriado hermético y al mismo tiempo mejorando su transmitancia térmica.
- Se considerarán las infiltraciones de aire de la vivienda, que en ambos proyectos corresponden a los ductos de ventilación (tres para cada habitación más uno del baño), más una adicional, ya que ambos proyectos presentan una celosía.
- Se considerará un sistema de ventilación mecánica, que en el caso de La Estancia será un extractor colectivo en el edificio, y en el caso de la Estrella será un extractor en vivienda unifamiliar sin ductos.

7.2.2 Resultados de la CEV + PDA

Proyecto La Estrella

Muros, Techumbre y Puertas

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.713,4	1.051,6	85,0	24,1	no aplica	no aplica	109,04		
Caso Propuesto	1.844,0	593,4	42,2	13,6	50%	44%	55,8	49%	C

Ventanas

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.770,4	1.058,0	86,3	24,2	no aplica	no aplica	110,49		
Caso Propuesto	2.467,6	726,8	56,5	16,6	35%	31%	73,1	34%	D

Ventilación e Infiltraciones

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.770,4	1.058,0	86,3	24,2	no aplica	no aplica	110,49		
Caso Propuesto	2.661,1	756,9	60,9	17,3	29%	28%	78,2	29%	D

Completo

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	3.713,4	1.051,6	85,0	24,1	no aplica	no aplica	109,04		
Caso Propuesto	1.744,1	465,7	39,9	10,7	53%	56%	50,6	54%	C

Proyecto La Estancia

Muros, Techumbre y Puertas

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2.670,2	45,3	56,6	1,0	no aplica	no aplica	57,53		
Caso Propuesto	1.326,2	455,1	28,1	9,6	50%	-905%	37,7	34%	D

Ventanas

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2.693,2	46,7	57,1	1,0	no aplica	no aplica	58,05		
Caso Propuesto	1.523,6	433,8	32,3	9,2	43%	-828%	41,5	29%	D

Ventilación e Infiltraciones

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2.693,2 - 46,7	57,1 - 1,0	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	58,05	22%	D
Caso Propuesto	1.668,3 - 459,6	35,3 - 9,7	38%	-883%	45,1				

Completo

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	2.670,2 - 45,3	56,6 - 1,0	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	57,53	41%	C
Caso Propuesto	1.163,1 - 442,5	24,6 - 9,4	56%	-877%	34,0				

7.3 Análisis de ahorro con la aplicación del PDA

7.3.1 Proyecto Villa La Estrella

Con las mejoras que propone el PDA, aplicadas solo en los muros, techumbre y puertas, la demanda de calefacción se reduce de 85 kWh/m2 a 42,2 kWh/m2, y la demanda de refrigeración disminuye de 24,1 kWh/m2 a 13,6 kWh/m2. Esto se traduce en un ahorro de 50% en demanda de calefacción y un ahorro de 44% en demanda de refrigeración, lo que genera un 49% de ahorro total en el año.

Aplicando las mejoras que propone el PDA, solo en las ventanas, la demanda de calefacción se reduce de 86,3 kWh/m2 a 56,5 kWh/m2, y la demanda de refrigeración disminuye de 24,2 kWh/m2 a 16,6 kWh/m2. Esto se traduce en un ahorro de 35% en demanda de calefacción y un ahorro de 31% en demanda de refrigeración, lo que genera un 34% de ahorro total en el año.

Con la aplicación de las mejoras que propone el PDA, solo en la ventilación e infiltraciones, la demanda de calefacción se reduce de 86,3 kWh/m2 a 60,9 kWh/m2, y la demanda de refrigeración disminuye de 24,2 kWh/m2 a 17,3 kWh/m2. Esto se traduce en un ahorro de 29% en demanda de calefacción y un ahorro de 28% en demanda de refrigeración, lo que genera un 29% de ahorro total en el año.

Y finalmente aplicando las mejoras que propone el PDA, en todos los aspectos (completo), la demanda de calefacción se reduce de 85 kWh/m2 a 39,9 kWh/m2, y la demanda de refrigeración disminuye de 24,1 kWh/m2 a 10,7 kWh/m2. Esto se traduce en un ahorro de 53% en demanda de calefacción y un ahorro de 56% en demanda de refrigeración, lo que genera un 54% de ahorro total en el año.

7.3.2 Proyecto Condominio La Estancia del Bosque 1

Con las mejoras que propone el PDA, aplicadas solo en los muros, techumbre y puertas, la demanda de calefacción se reduce de 56,6 kWh/m² a 28,1 kWh/m², y la demanda de refrigeración aumenta de 1 kWh/m² a 9,6 kWh/m² debido a que ya presentaba poca demanda en refrigeración, al mejorar la calefacción esta requiere mayor enfriamiento. Esto se traduce en un ahorro de 50% en demanda de calefacción y no aplica en demanda de refrigeración, lo que genera un 34% de ahorro total en el año.

Aplicando las mejoras que propone el PDA, solo en las ventanas, la demanda de calefacción se reduce de 57,1 kWh/m² a 32,3 kWh/m², y la demanda de refrigeración aumenta de 1 kWh/m² a 9,2 kWh/m² debido a que ya presentaba poca demanda en refrigeración, al mejorar la calefacción esta requiere mayor enfriamiento. Esto se traduce en un ahorro de 43% en demanda de calefacción y no aplica en demanda de refrigeración, lo que genera un 29% de ahorro total en el año.

Con la aplicación de las mejoras que propone el PDA, solo en la ventilación e infiltraciones, la demanda de calefacción se reduce de 57,1 kWh/m² a 35,3 kWh/m², y la demanda de refrigeración aumenta de 1 kWh/m² a 9,7 kWh/m² debido a que ya presentaba poca demanda en refrigeración al mejorar la calefacción esta requiere mayor enfriamiento. Esto se traduce en ahorro de 38% en demanda de calefacción y no aplica en demanda de refrigeración, lo que genera un 22% de ahorro total en el año.

Y finalmente aplicando las mejoras que propone el PDA, en todos los aspectos (completo), la demanda de calefacción se reduce de 56,6 kWh/m² a 24,6 kWh/m², y la demanda de refrigeración aumenta de 1 kWh/m² a 9,4 kWh/m² debido a que ya presentaba poca demanda en refrigeración al mejorar la calefacción esta requiere mayor enfriamiento. Esto se traduce en un ahorro de 56% en demanda de calefacción y no aplica en demanda de refrigeración, lo que genera un 41% de ahorro total en el año.

8.-CAPÍTULO IV: Análisis de resultados

De acuerdo al análisis y comparación de los resultados obtenidos de los proyectos Villa La Estrella y Condominio La Estancia 1 en el marco de los consumos energéticos, basados primero en su calificaciones energéticas originales, y luego simuladas con el cambio de sus orientaciones y la aplicación de las mejoras que sugiere el PDA, se puede afirmar que:

Primero se encuentran los complejos de techumbre, muros perimetrales y puertas exteriores opacas, entendidos como elementos que constituyen la envolvente térmica de la edificación, y en los cuales se concentra el mayor flujo de energía de la vivienda, lo que se realizó fue cambiar las transmitancias térmicas de los proyectos a las sugeridas por el PDA. Hay que mencionar que ambos proyectos pertenecen a la zona térmica D, por lo que los complejos de techumbre quedaron con una transmitancia $U=0,38\text{W/m}^2\text{K}$, los complejos de muros quedaron con una transmitancia $U=0,80\text{W/m}^2\text{K}$ y las puertas quedaron con una transmitancia $U=1,70\text{W/m}^2\text{K}$. Cabe destacar que el PDA también considera los pisos ventilados, pero ambos proyectos presentan la transmitancia térmica sugerida por este, por lo que no fue necesario modificarla.

En segundo lugar están los complejos de ventanas, que forman parte de los elementos traslúcidos. Lo que se realizó fue que según su orientación y valor de transmitancia térmica U , cada ventana de ambos proyectos cumpliera con el porcentaje máximo de superficie indicado en la TABLA 4, además de aumentar los mm de espesor del termopanel que llamé ventana PDA, para mejorar sus transmitancias térmicas.

Y como tercer y cuarto punto aparecen la ventilación y las infiltraciones, que para efectos de consumo energético, las consideré como un solo ítem. Lo que se realizó para garantizar la calidad aceptable del aire interior fue incorporar un sistema de ventilación mecánica, en La Estancia será un extractor colectivo en el edificio y en la Estrella será un extractor en vivienda unifamiliar sin ductos. Y para las infiltraciones, lo que se realizó fue considerar los ductos de ventilación que para ambos proyectos son cinco, tres de las habitaciones, uno del baño y otro de una celosía.

Con respecto a las demandas de energía, para el caso del proyecto Villa La Estrella, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta sin la aplicación del PDA son de 85 kWh/m^2 y 24 kWh/m^2 respectivamente. Luego, aplicando las recomendaciones que sugiere el PDA en muros, techumbre y puertas, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de $42,2\text{ kWh/m}^2$ y $13,6\text{ kWh/m}^2$ respectivamente. Aplicadas las mejoras solo en ventanas, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de $56,5\text{ kWh/m}^2$ y $16,6\text{ kWh}$ respectivamente. Y aplicadas las mejoras solo en ventilación e infiltraciones, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de $60,9\text{ kWh/m}^2$ y $17,3\text{ kWh/m}^2$ respectivamente.

Para el caso del proyecto La Estancia, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta sin la aplicación del PDA son de 56,6 kWh/m² y 1 kWh/m² respectivamente. Luego, aplicando las recomendaciones que sugiere el PDA en muros, techumbre y puertas, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de 28,1 kWh/m² y 9,6 kWh/m² respectivamente. Aplicadas las mejoras solo en ventanas, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de 32,3 kWh/m² y 9,2 kWh/m² respectivamente. Y aplicadas las mejoras solo en ventilación e infiltraciones, las demandas de calefacción y enfriamiento que presenta son de 35,3 kWh/m² y 9,7 kWh/m² respectivamente.

De estos datos se puede desprender que el mayor impacto del PDA para disminuir los consumos energéticos en calefacción y enfriamiento son las recomendaciones que propone para los complejos de muros, techumbre y puertas, ya que en ambos proyectos las demandas de calefacción se reducen a la mitad. Y para el enfriamiento en el caso de la Estrella, la demanda se reduce a un poco menos de la mitad, y en el caso de la Estancia no aplica debido a que este proyecto ya presentaba poca demanda de enfriamiento, por lo que al mejorar la demanda de calefacción, automáticamente aumenta la demanda de enfriamiento de modo que “se abriga” la vivienda.

También se puede inferir que la incidencia de las ventanas y la ventilación en el consumo energético son muy similares, pero es en el caso de las ventanas en donde se reduce mayormente la demanda de calefacción y enfriamiento.

Basándome en lo anterior para enfocarse en el ahorro energético, en el caso del proyecto Villa La Estrella, sin las recomendaciones que sugiere el PDA presenta una demanda total de 109,04 kWh/m²-año. Y con la aplicación de las mejoras que propone el PDA presenta una demanda total de 50,6 kWh/m²-año, por lo que el ahorro total para la vivienda en calefacción y refrigeración será de un 54%.

En el caso del proyecto La Estancia, sin las recomendaciones que sugiere el PDA presenta una demanda total de 57,53 kWh/m²-año. Y con la aplicación de las mejoras que propone el PDA presenta una demanda total de 34 kWh/m²-año, por lo que el ahorro total para la vivienda en calefacción y refrigeración será de un 41%.

9.-CONCLUSIONES

En respuesta al objetivo específico número uno “Estudiar las recomendaciones del Plan de Descontaminación Atmosférica en la construcción de viviendas sociales en la Región Metropolitana.”, se identifica que el Plan de Descontaminación Atmosférica basado en criterios de diseño con eficiencia energética, se centra en cuatro importantes aspectos de la vivienda, los cuales expondré en orden de mayor a menor relevancia en las demandas de consumo energético analizados en ambos proyectos.

Los complejos de techumbre, muros y puertas tienen la mayor incidencia en las demandas de calefacción y enfriamiento de la vivienda, ya que constituyen la envolvente térmica de la edificación y a través de estos elementos circulan muchos flujos de energía, por lo que es aquí donde se debe ser riguroso en la supervisión al momento que se ejecutan estas partidas.

Luego están las ventanas, que como elementos traslúcidos también tienen altos requerimientos energéticos, los cuales dependerán de las dimensiones de estas y del espesor que posea. Según los resultados obtenidos de ambos proyectos, estos elementos tienen el segundo mayor impacto en las demandas de calefacción y enfriamiento de la vivienda.

Y como tercer y cuarto aspecto están la ventilación y las infiltraciones de aire, que para esta investigación los consideré como un solo punto y de acuerdo a los resultados obtenidos en ambos proyectos tienen la menor incidencia en las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda.

Para dar respuesta al objetivo específico número dos “Contrastar las demandas de energía antes y después de la aplicación del PDA, en dos proyectos de viviendas sociales en la Región Metropolitana”, se debe tomar en cuenta lo antes mencionado con respecto a la relevancia de cada aspecto del PDA en las demandas de consumo energético en ambos proyectos. Para demostrar esto, a continuación expondré el siguiente cuadro comparativo:

Proyecto	Demanda de Calefacción sin PDA	Demanda de Calefacción con PDA	Demanda de Enfriamiento sin PDA	Demanda de Enfriamiento con PDA
La Estrella	85 kWh/m ²	39,9 kWh/m ²	24kWh/m ²	10,7 kWh/m ²
La Estancia	56,6 kWh/m ²	24,6 kWh/m ²	1 kWh/m ²	9,4 kWh/m ²

Fuente: Elaboración propia.

En ambos proyectos la demanda de calefacción disminuyó más de la mitad y en el caso de La Estancia, la demanda de enfriamiento aumentó debido a que la vivienda ya presentaba poco requerimiento, y al mejorar la demanda de calefacción de la vivienda, esta de cierta forma “se abriga” por lo que ahora tendrá un mayor requerimiento de refrigeración.

En respuesta al objetivo específico número tres “Analizar los ahorros energéticos en dos proyectos de viviendas sociales de la Región Metropolitana a las que se les aplica el PDA”, mediante el análisis de los resultados obtenidos de ambos proyectos que indican lo siguiente:

Para el proyecto Villa La Estrella, antes de intervenirlo con las sugerencias que propone el PDA este presentaba una demanda total de 109,04 kWh/m²-año. Y luego mediante la aplicación de las mejoras que recomienda el PDA se tiene que presenta una demanda total de 50,6 kWh/m²-año, lo que se traduce en un ahorro total en calefacción y enfriamiento de un 54%.

En el caso del proyecto Condominio La Estancia, previamente a modificarlo con las sugerencias que propone el PDA este presentaba una demanda total de 57,53 kWh/m²-año. Y luego mediante la aplicación de las mejoras que recomienda el PDA se tiene que presenta una demanda total de 34 kWh/m²-año, lo que se traduce en un ahorro total en calefacción y enfriamiento de un 41%.

En síntesis, y a modo de responder al objetivo general “Analizar los alcances del consumo energético en dos proyectos de viviendas sociales de la Región Metropolitana, mediante la aplicación de las recomendaciones que propone el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA)”, con lo mencionado anteriormente para cada objetivo específico se puede afirmar que los alcances del consumo energético para estos dos proyectos son los siguientes:

Se logró pasar de una calificación “D” a una calificación “C” en el caso de La Estrella, y en el caso de La Estancia se logró pasar de una calificación “D” a una calificación “C”, lo cual para este trabajo de investigación es muy importante, ya que pensando en el confort térmico como la primera prioridad para las condiciones de habitabilidad de la vivienda, así como también la calidad interior del aire que va a ser respirado por las personas en ella y que les garantice que no se enfermen, la utilización del PDA se justifica totalmente.

En ambos proyectos se logró un ahorro en calefacción y enfriamiento de más del 40%, lo que también es destacable ya que además de aportar a la calidad de vida el PDA proporciona a la vivienda la capacidad de ocupar la energía de la mejor forma posible y que casi ni se desperdicie.

Se propone como una línea futura de investigación, que la nueva reglamentación térmica para nuestro país debería basarse en gran parte en el uso de este instrumento junto con la calificación energética, debido a que se deben aprovechar los beneficios que proporcionan, siempre enfocándose en la calidad de vida de las personas.

SOLO USO ACADÉMICO

10.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio del medio ambiente. (2020). Plan Región Metropolitana – PPDA. 2020. Recuperado de <https://ppda.mma.gob.cl/region-metropolitana/ppda-region-metropolitana/#ffs-tabbed-11>
- Ministerio del medio ambiente. (2014). *Planes de descontaminación atmosférica estrategias 2014-2018*. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/08/articles-56174_Plan_Descont_Atmosferica_2014_2018.pdf
- Ministerio de vivienda y urbanismo. (2018). *Estándares de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas del FSEV-RM*. Santiago.
- Ministerio de vivienda y urbanismo. (2018). *Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile*. Santiago. Recuperado de <http://file:///C:/Users/NOT08/Downloads/Manual-CEV-Res.-Ex.-811-12.2.18.pdf>
- Planes de Descontaminación Atmosférica - Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2020). Recuperado de <https://www.minvu.cl/planes-de-descontaminacion-atmosferica/>

11.-ANEXOS

Memoria de Cálculo de Transmitancia Térmica

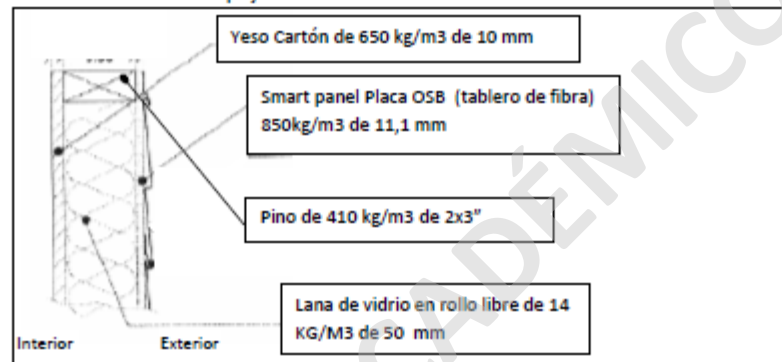
Villa La Estrella

1.- Cálculo U MURO Secundario (segundo piso)

I. Especificación general del complejo

Tabique con pie derecho de 2x3" con Yeso cartón de 10 mm al interior, 50 mm de lana de vidrio en rollo libre de 12,5 KG/M3 y Placa OSB de 11,1 mm al exterior con Siding.

II. Corte del complejo



III. Cuadro de materiales

Material	e (mt)	P (Kg/m3)	λ (W/mK)	Fuente datos ρ y λ
Pino insigne	0,070	410	0,104	Anexo A NCH 853
Lana de vidrio en rollo libre	0,050	14	0,043	Anexo A NCH 853
Yeso cartón	0,010	650	0,24	Anexo A NCH 853
Placa OSB (tablero de fibra)	0,0111	850	0,23	Anexo A NCH 853

e = espesor dado en metros — ρ = densidad — λ = Conductividad — Fuente = Nch 853, certificados de ensayo, otros

IV. Cálculo de Transmitancia Térmica

Formula calculo U (Nch 853) seleccionada y desarrollo

$$R_{si} = 0,12 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_{se} = 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_t \text{ con estructura} = 0,12 + 0,070/0,104 + 0,010/0,24 + 0,0111/0,23 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_t = 0,933 \text{ [m}^2\text{K/W]} \text{ y } U_t = 1,072 \text{ [W/m}^2\text{K]}, 15\% \text{ de la superficie}$$

$$R_t \text{ sin estructura} = 0,12 + 0,050/0,043 + 0,010/0,24 + 0,0111/0,23 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_t = 1,423 \text{ [m}^2\text{K/W]} \text{ y } U_t = 0,703 \text{ [W/m}^2\text{K]}, 85\% \text{ de la superficie}$$

$$\text{Por lo tanto } U \text{ muro ponderado total} = 0,758 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Ficha de Solución Constructiva MINVU para el cielo

1.1.MAZO LANA DE VIDRIO

(SOBRE LISTONEADO DE CIELO)

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Estructura soportante de cerchas de madera según cálculo, costaneras de pino 2x2", cubierta en planchas fibrocemento de 4 mm. de espesor mínimo, cielo en plancha Volcanita de 10 mm. en listoneado de pino de 2x2" a ejes variables según diseño, material aislante en espesor variable según zona térmica, de AISLANGLOSS EN PANELES CON DENSIDAD DE 14 kg/m³, colocado sobre listoneado de soporte.

ESTATIGRAFIA SOLUCION SEGUN NCh853	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
MATERIAL	Espesores mínimos expresados en mm.						
Capa de aire superficial interior	0	0	0	0	0	0	0
Plancha de Volcanita de 10 mm.	10	10	10	10	10	10	10
Aislanglass paneles en 14 kg/m ³	42	61	82	101	120	139	159
Capa de aire superficial exterior	0	0	0	0	0	0	0

NOMBRE COMERCIAL	INSTITUCIÓN	Densidad Nominal Kg/m ³	Coefficiente de Conductividad Térmica.	Vigencia de la Inscripción	Formato de presentación
AISLANGLOSS	EL VOLCAN S.A.	14.99	0.041 W/m °C	31/12/2007	PANELES

3.- Certificación Aislante Aislanglass

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rolls Libre	40	0.6 / 1.2	24	94
Rolls Libre	50	0.6 / 1.2	12/24	122
Rolls Libre (*)	50	0.60	10.0	122
Rolls Libre	60	0.6 / 1.2	12.0	141
Rolls Libre	80	0.6 / 1.2	9.6	188
Rolls Libre (*)	80	0.60	8.0	188
Rolls Libre	100	0.6 / 1.2	7.5	235
Rolls Libre	120	1.20	7.5	282
Rolls Libre	140	1.20	5.5	329
Rolls Libre	160	1.20	5.5	376

Ensayo	Estándar	Institución Ejecutora	País	IP Certificado	Fecha Certificado	Producto Aislante
Conductividad Térmica	NCh 1050 0002	CHES	Chile	888 781	11.05.2011	Rolls Libre Aislante volcánico 14.99 kg/m ³ 100x200x40-100x200x50-100x200x60-100x200x80-100x200x100-100x200x120-100x200x140-100x200x160

Jose Ignacio Torres

Constructor Civil e Ingeniero Civil Industrial

Rut: 12614738-4

Memoria de Cálculo de Transmitancia Térmica

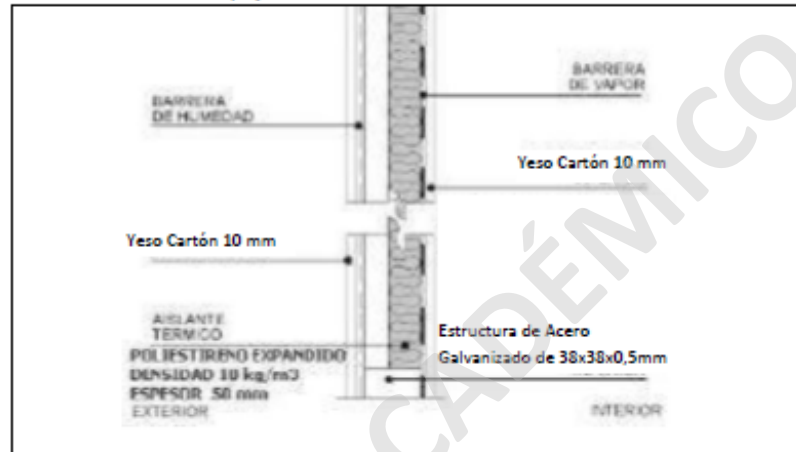
Estancia 1

1.- Cálculo U MURO tabique (logia)

I. Especificación general del complejo

Tabique de Acero Galvanizado de 38x38x0,5mm cada 60 cm con revestimiento de fibrocemento de 6mm por ambas caras y Poliestireno Expandido de 20 mm

II. Corte del complejo



III. Cuadro de materiales

Interior

Material	e (mt)	P (Kg/m3)	λ (W/mK)	Fuente datos ρ y λ
Perfil acero Galvanizado 38x38x0,5mm	0,0005	7850	58	Anexo A NCH 853
Lana de Vidrio	0,040	11	0,0424	Ficha R100/V.2.15
Yeso Cartón	0,01	870	0,31	Anexo A NCH 853

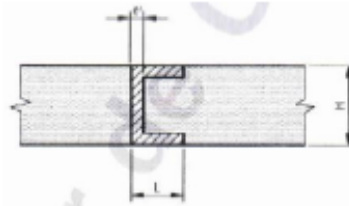
e = espesor dado en metros — ρ = densidad — λ = Conductividad — Fuente = Nch 853, certificados de ensayo, otros

IV. Cálculo de Transmitancia Térmica

$R_{si} = 0,12$ [m²K/W]
 $R_{se} = 0,05$ [m²K/W]

PERFIL DE ACERO	
L	0,038
e'	0,0005
H	0,038
λ_m	58
R_{si}	0,12
R_{se}	0,05

Rt con Metalcom



$$R = \frac{1}{U} = (R_{si} + R_{se}) \frac{l}{L + e'} + \frac{l}{\lambda_m} \times \frac{H}{e'}$$

l = ala del perfil, m (ancho de la heterogeneidad);

e' = espesor del nervio del perfil, m;

H = altura del perfil, m (espesor del elemento);

λ_m = conductividad térmica del metal, W/(m x K).

Entonces R metalcom = 0,218 [m²K/W]

Rt con Metalcom = 0,218+0,01/0,31+0,04/0,0424+0,01/0,31

Rt con Metalcom = 1,214 [m²K/W] y Ut=0,824 [W/m²K]

Rt sin Metalcom = 0,12+0,01/0,31+0,04/0,0424+0,01/0,31+0,05

Rt sin Metalcom = 1,178 [m²K/W] y Ut=0,849 [W/m²K]

Area con metalcom: 3,8 cm cada 60 cm de pie derecho de acero galvanizado

Entonces U Ponderado = 0,824*3.8/60+0,849*56,2/60

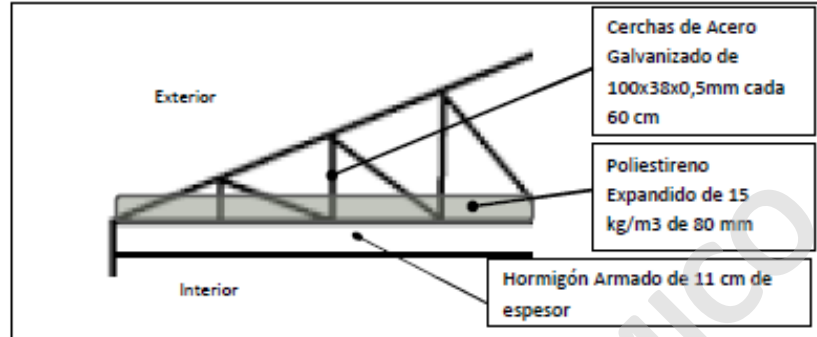
Por lo tanto U muro ponderado total = 0,847 [W/m²K]

2.- Cálculo techumbre

I. Especificación general del complejo

Cercha de Acero Galvanizado de 100x38x0,5mm cada 60 cm con Poliestireno Expandido de 80 mm sobre losa de Hormigón Armado de 11 cm

II. Corte del complejo



III. Cuadro de materiales

Material	e (mt)	P (Kg/m3)	λ (W/mK)	Fuente datos p y λ
Perfil acero Galvanizado	0,0005	7850	58	Anexo A NCH 853
Poliestireno Expandido	0,080	15	0,0413	Anexo A NCH 853
Hormigón Armado	0,110	870	1,63	Anexo A NCH 853

e = espesor dado en metros — p = densidad — λ = Conductividad — Fuente = Nch 853, certificados de ensayo, otros

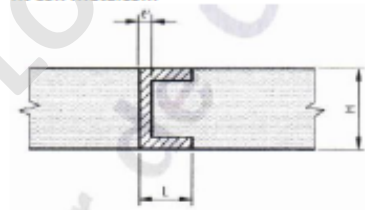
IV. Cálculo de Transmitancia Térmica

$R_{si} = 0,1$ [m^2K/W]

$R_{se} = 0,1$ [m^2K/W]

PERFIL DE ACERO	
L	0,038
e'	0,0005
H	0,100
λ_m	58
R_{si}	0,10
R_{se}	0,10

Rt con Metalcom



$$R = \frac{1}{U} = (R_{si} + R_{se}) + \frac{L}{\lambda_m} + \frac{H}{e'}$$

L = ala del perfil, m (ancho de la heterogeneidad):

e' = espesor del nervio del perfil, m;

H = altura del perfil, m (espesor del elemento);

λ_m = conductividad térmica del metal, W/(m x K).

Entonces R metalcom = 0,328 [m²*K/W]

Rt con Metalcom = 0,328+0,11/0,163+0,08/0,0413

Rt con Metalcom 2,333 [m²*K/W] y Ut=0,429 [W/m²*K]

Rt sin Metalcom = 0,10+0,11/0,163+0,08/0,0413+0,1

Rt sin Metalcom = 2,205 [m²*K/W] y Ut=0,454 [W/m²*K]

Area con metalcom: 3,8 cm cada 60 cm de pie derecho de acero galvanizado

Entonces U Ponderado = 0,429*3,8/60+0,454*56,2/60

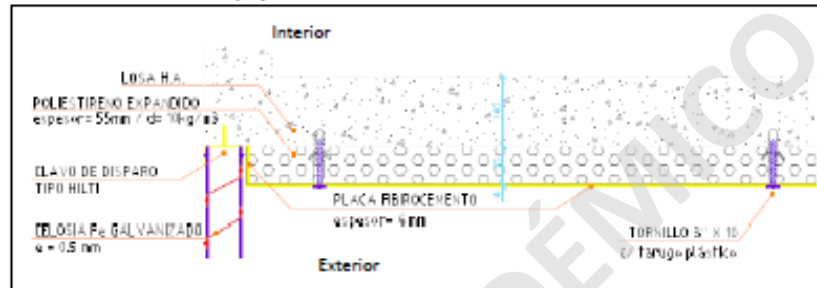
Por lo tanto U muro ponderado total = 0,452 [W/m²*K]

3.- Cálculo piso ventilado

I. Especificación general del complejo

Protección térmica de piso ventilado en losa de hormigón de 11 cm y con aislante de 40 mm de poliestireno expandido de 15 kg/m³, con Yeso Cartón de 10 mm.

II. Corte del complejo



III. Cuadro de materiales

Material	e (mt)	P (Kg/m ³)	λ (W/mK)	Fuente datos p y λ
Yeso Cartón	0,01	870	0,31	Anexo A NCH 853
Poliestireno expandido	0,04	15	0,0413	Anexo A NCH 853
Hormigón Armado	0,110	2800	1,63	Anexo A NCH 853

e = espesor dado en metros — p = densidad — λ = Conductividad — Fuente = Nch 853, certificados de ensayo, otros

IV. Cálculo de Transmitancia Térmica

Formula calculo U (Nch 853) seleccionada y desarrollo, donde

$$R_{si} = 0,17 \text{ [m}^2\text{K/W]}, R_{se} = 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_t = 0,17 + 0,01/0,31 + 0,04/0,0413 + 0,11/1,63 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_t = 1,288 \text{ [m}^2\text{K/W]} \text{ y } U_t = 0,776 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

4.- Cálculo Puerta Liviana

I. Especificación general del complejo

Puerta placarol de 45 mm estructura de madera de pino 39 mm y con enchape de terciado de 3 mm por ambos lados
Esta puerta no existe en el mercado, se está fabricando a pedido con el proveedor y por ende no tiene ficha técnica. Se presenta la ficha del tipo de puerta que se quiere modificar (con el alma hueca, no con cartón, de forma que se pueda llenar con aislante).

II. Cuadro de materiales

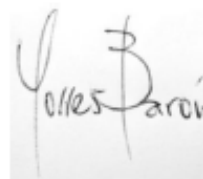
Material	e (mt)	P (Kg/m ³)	λ (W/mK)	Fuente datos p y λ
Marco de puerta	0,070	410	0,104	Anexo A NCH 853
Estructura de la puerta	0,039	410	0,104	Anexo A NCH 853
Enchape terciado	0,003	1030	0,28	Anexo A NCH 853

e = espesor dado en metros — p = densidad — λ = Conductividad — Fuente = Nch 853, certificados de ensayo, otros

III. Cálculo de Transmitancia Térmica

Formula calculo U (Nch 853) seleccionada y desarrollo

$R_{si} = 0,12 \text{ [m}^2\text{K/W]}; R_{se} = 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]}; R_g (\text{aire}) = 0,165 \text{ (segun Nch 853)}$
 $R_t \text{ con estructura} = 0,12 + 0,003/0,28 + 0,039/0,104 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]} = 0,566 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
 $\Rightarrow U \text{ estructura} = 1,765 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
 $R_t \text{ sin estructura} = 0,12 + 0,003/0,28 + 0,165 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]} = 0,356 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
 $\Rightarrow U_t = 2,806 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
 $R_t \text{ marco} = 0,12 + 0,07/0,104 + 0,05 \text{ [m}^2\text{K/W]} = 0,843 \text{ [m}^2\text{K/W]}$
 $\Rightarrow U_t \text{ marco} = 1,186 \text{ [W/m}^2\text{K]}$
 $\text{Area estructura puerta} = 0,42 \text{ m}^2, \text{ Area sin estructura puerta} = 1,18 \text{ m}^2, \text{ Area Marco} = 0,15$
 $\Rightarrow U \text{ ponderado} = 2,421 \text{ [W/m}^2\text{K]}$


 01/05/2020

Jose Ignacio Torres
 Constructor Civil e Ingeniero Civil Industrial
 Rut: 12614738-4