



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

**Estudio del desempeño energético de la vivienda unifamiliar actual bajo
escenarios futuros del cambio climático en la ciudad de Temuco**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR: Natalia González Olave

PROFESOR GUÍA: Paulina Wegertseder Martinez

PROFESOR CO-GUÍA: Muriel Díaz Cisternas

CONCEPCION, 23 de julio de 2018

“No es la especie más fuerte ni la más inteligente la que sobrevive, sino la que mejor se adapta a los cambios”

- Charles Darwin (1809-1882)

Resumen

La normativa chilena no exige parámetros de demanda energética, por lo que no considera el fenómeno del cambio climático y las consecuencias que conlleva en viviendas.

Existen estudios y estándares que se centran específicamente en reducir el desempeño energético en calefacción en las viviendas unifamiliares. Sin embargo, se ignora el alza que tendrá la demanda de refrigeración frente al aumento de temperaturas exteriores. El estudio se centrará en el análisis del efecto del cambio climático en el desempeño térmico y demanda energética en términos de enfriamiento de la vivienda unifamiliar en la ciudad de Temuco. Se establecerán estrategias de adaptación por viviendas y escenarios para disminuir ambas demandas.

Se utilizará como herramienta CCWorldWeatherGen el cual generará escenarios futuros del clima de la ciudad para los años 2020, 2050 y 2080. El análisis del desempeño energético y térmico se realizará con el software Design Builder, con el fin de comparar los escenarios futuros con el clima actual de la ciudad, observando la influencia del cambio climático al interior de las viviendas.

Los resultados demuestran, por un lado, un aumento en la demanda de refrigeración y porcentaje de confort y por otro, una disminución paulatina de la demanda de calefacción en el transcurso de los años. El estudio arroja que, a pesar de que ambos casos tienen diferentes morfologías y poseen similares especificaciones técnicas, el caso B requiere aproximadamente el doble de demanda de refrigeración y a su vez menos calefacción que el caso A. Frente a estos casos se plantean distintas variables de mejoramiento; cambio de ventanas, mayor aislación en muros y ventilación en la techumbre. Conforme a el desempeño de cada una de las mejoras en los casos de estudio se establecieron las estrategias de adaptación según cada escenario analizado.

Palabras claves: Cambio climático; Demanda de refrigeración; Desempeño energético; Viviendas; Desempeño térmico.

Abstract

Chilean regulations do not require parameters of energy demand, does not consider the impact of climate change and its consequences on homes. There are studies and standards that specifically focus on reducing energy efficiency in heating in single-family homes. However, the increase in the demand for cooling compared to the increase in outside temperatures is overlooked.

The study will focus on the analysis of the effect of climate change on thermal performance and energy demand in terms of cooling in the single-family of Temuco. Passive adaptation strategies are proposed in the houses, in order to reduce both demands.

It was used as a tool CCWorldWeatherGen which generated future scenarios of climate of the city for the years 2020, 2050 and 2080. The analysis of energy and thermal performance was achieved with the Design Builder software, in order to compare future scenarios with real climate of the city, observing the influence of climate change inside homes.

The results show that, on the one hand, an increase in cooling demand and percentage of comfort and secondly, a decrease in demand for heating through the years. The study shows that, although both have different morphologies and similar specifications, the type B requires about twice cooling demand and in turn less heating than case A. Different improvement variables are proposed; type of glass, insulation in walls and ventilated roof. According to the performance of each of the improvements adaptation strategies were established according to each scenario analyzed.

Keywords: Climate change; Cooling demand; Energy demand; Houses; Thermal performance.

Índice

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Problemática	1
1.2 Hipótesis	2
1.3 Objetivo general.....	2
1.4 Objetivos específicos.....	2
1.5 Metodología.....	3
Capítulo 2. Cambio climático y sus escenarios.....	6
2.1 Adaptación y mitigación.....	11
2.2 Tipos de adaptación	13
2.3 Escenarios climáticos	14
2.3.1 Escenarios SRES	14
2.3.2 Escenarios del RCP.....	16
2.4 Cambio climático en Chile	19
2.5 Los efectos del cambio climático en viviendas	21
Capítulo 3. Comportamiento térmico de viviendas según clima.....	24
3.1 Confort	24
3.2 Intercambio de calor en viviendas.....	25
Capítulo 4. Normativas y estándares.....	28
4.1 Código de construcción sustentable para la vivienda (CCSV)	28
4.2 Normas técnicas MINVU 011 (NTM11).....	30
4.3 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)	32
4.3.1 Reglamentación térmica (RT).....	32

4.4	Plan de descontaminación atmosférica (PDA)	35
	Capítulo 5. Casos de estudio	38
5.1	Crecimiento del sistema urbano	38
5.2	Clima de Temuco: presente y futuro	42
5.3	Viviendas representativas	50
5.3.1	Caso base A - Vivienda de 57 m²	51
5.3.2	Caso base B – Vivienda de 57 m²	53
	Capítulo 6. Evaluación de desempeño térmico y energético	56
6.1	Estrategias de mejoramiento	57
6.2	Resultados de las estrategias de mejoramiento	59
6.3	Combinación de estrategias de mejoramiento	64
6.4	Estrategias de adaptación	71
	Conclusiones	77
	Referencias bibliográficas	81
	ANEXOS	86
	ANEXO A	86
	Anexo B	89
	Anexo C	98
	Anexo D	101
	Anexo E	105
	Anexo F	107
	Anexo G	109
	Anexo H	112

Índice de figuras

Figura 1: Esquema de metodología (elaboración propia)	5
Figura 2: "Grados día de enfriamiento" en el mundo, promedio anual 2007-2017.	11
Figura 3: "Grados día de enfriamiento" en el mundo, promedio anual 2016-2050.	11
Figura 4: Diferencias entre mitigación y adaptación. Fuente: adaptada de www.sostentabilidad.com	12
Figura 5: Resumen de políticas, escenarios de emisiones IPCC (2000).....	14
Figura 6 Resumen escenarios de emisiones IPCC (2000).....	16
Figura 7: Comparación entre escenarios: precipitaciones y temperaturas. Bases Físicas (2013)	18
Figura 8: Plan nacional de adaptación al cambio climático (2014).....	20
Figura 9: Plan nacional de adaptación al cambio climático (2014).....	21
Figura 10: Del informe, Cambio climático: un riesgo para la clase media mundial. Fuente: Unión de bancos suizos UBS, 2016.....	22
Figura 11: Consecuencias del cambio climático en las viviendas	23
Figura 12: Pérdidas de calor a través de ventanas, Fuente: Acondicionamientos arquitectura y técnica, 2008	27
Figura 13: Estudio conservación de la energía en el sector residencial de Chile 2010	34
Figura 14: OMS (2016)	35
Figura 15: Dirección de planificación, Municipalidad de Temuco	38
Figura 16: Plano de la ciudad, dirección de planificación, Municipalidad de Temuco.....	39
Figura 17: Relieve transversal en latitud 38° (Temuco)	45
Figura 18: Interfase del programa CCWorldWeatherGen	46

Figura 19: Ubicación del sector a analizar, Google Earth (2018)	50
Figura 20: Plan maestro Hacienda Santa María de Labranza, SOCOVESA.....	50
Figura 21: Planta de la vivienda 57m2	51
Figura 22: Modelo de la vivienda en Design Builder.....	51
Figura 23:Render de la vivienda tipo SOCOVESA.....	51
Figura 24:Detalle de construcción vivienda	51
Figura 25: Vivienda tipo B, modelo de DB y render de la inmobiliaria.....	53
Figura 26: Plantas 1 y 2° nivel, vivienda de 64m2	53
Figura 27: Izquierda ventana original, derecha: Doble vidrio hermético.	58
Figura 28: Aumento en la aislación de muros.....	58
Figura 29: Ventilación en la techumbre para ventilación	59
Figura 30. Estrategias de adaptación vivienda tipo A	71
Figura 31: Estrategias de adaptación, temperatura y confort, casa tipo A (elaboración propia) 72	
Figura 32: Estrategias de adaptación vivienda tipo B.	74
Figura 33: Estrategias de adaptación, temperatura y confort, casa tipo b. Elaboración propia. 75	

Índice de tablas

Tabla 1: Código de Construcción Sustentable, octubre 2015	29
Tabla 2: Código de Construcción Sustentable, octubre 2015	30
Tabla 3: Transmitancia térmica “U” máxima y resistencia térmica “Rt” mínima en edificaciones de uso residencial, educación y salud.....	31
Tabla 4: Porcentaje máximo de superficie de complejo de ventanas por orientación en edificaciones de uso residencial.	31

Tabla 5: Valores mínimos de U y/o RT según zona térmica, enero 2007	32
Tabla 6: Valores porcentaje vidriado según zona térmica, enero 2007	33
Tabla 7: Transmitancia térmica máxima de la envolvente, Decreto 8 PDA (febrero 2015)	36
Tabla 8: Transmitancia térmica máxima de la envolvente, Decreto 8 PDA (febrero 2015)	37
Tabla 9: Resumen de las exigencias, elaboración propia	37
Tabla 10: Cantidad de construcciones autorizadas, INE. Elaboración propia	40
Tabla 11: Materialidad de construcciones, INE. Elaboración propia	40
Tabla 12: Socovesa, proyectos en ejecución al 31 de diciembre de 2017	41
Tabla 13: Climas de Chile según sistema de Köppen Fuente: Rioseco et. al.,2007)	43
Tabla 14: Parámetros climáticos, Dirección Meteorológica de Chile (2001)	45
Tabla 15: Condiciones de la simulación de Desing Builder	52
Tabla 16: Características de los materiales parte de la envolvente	52
Tabla 17: Rangos de temperatura para estar en confort.	52
Tabla 18: Condiciones de la simulación de Desing Builder	54
Tabla 19: Características de los materiales parte de la envolvente	54
Tabla 20: Superficies de las viviendas.....	55
Tabla 21: Condiciones de borde para simulación	56
Tabla 22: Resultados de simulación caso BASE.....	56
Tabla 23: Caso BASE. Confort y variación de temperaturas.....	57
Tabla 24: Resultados de simulación estrategia M1.....	59
Tabla 25: Estrategia M1. Confort y variación de temperaturas.	60
Tabla 26: Resultados de simulación estrategia M2.....	61
Tabla 27: Estrategia M2. Confort y variación de temperaturas	62

Tabla 28: Resultados de simulación estrategia M3.....	62
Tabla 29: Estrategia M3. Confort y variación de temperaturas.	63
Tabla 30: Simulaciones M1+M2.....	64
Tabla 31: Combinación M1 + M2. Confort y variación de temperaturas.....	65
Tabla 32: Simulaciones M1+M3.....	66
Tabla 33: Combinación M1 + M3. Confort y variación de temperaturas.....	67
Tabla 34: Simulaciones M2+M3.....	67
Tabla 35: Combinación M2 + M3. Confort y variación de temperaturas.....	68
Tabla 36: Simulaciones M1+M2+M3	69
Tabla 37: Combinación M1 + M2 + M3 Confort y variación de temperaturas.....	70
Tabla 38. Resultados demanda energética y desempeño térmico.....	72
Tabla 39: Confort térmico caso base tipo A (elaboración propia).....	73
Tabla 40: Confort térmico en las distintas estrategias de adaptación para la vivienda tipo A (elaboración propia).....	73
Tabla 41: Resultados demanda energética y desempeño térmico.....	75
Tabla 42: Confort térmico caso base tipo B (elaboración propia)	76
Tabla 43: Confort térmico en las distintas estrategias de adaptación para la vivienda tipo B (elaboración propia).....	76

Índice de gráficos

Gráfico 1: Separando las influencias naturales y humanas en el clima. Fuente: Hegerl et al, 2007.	7
Gráfico 2: Incremento en los gases de efecto invernadero. Fuente: Forster et al; Blasing. 2007. 8	8
Gráfico 3: Variación temperatura desde año 1000 al 2100, Fuente: IPCC, 2011.	10

Gráfico 4: Comparación de escenarios (IPCC, 2000)	15
Gráfico 5: Concentraciones de CO2 (Bases Físicas, 2013)	18
Gráfico 6: Gráfico de datos promedios anuales de MP10 en Estación Las Encinas,	36
Gráfico 7: Temperaturas mensuales 2005, Climate Consultant 6.0	47
Gráfico 8: Área de confort en 2005, Climate Consultant 6.0.....	47
Gráfico 9: Temperaturas promedio escenarios.....	49
Gráfico 10: Temperaturas máximas promedio por escenario.....	49
Gráfico 11: Humedad promedio por escenario.....	49
Gráfico 12: Demandas estrategia M1	60
Gráfico 13: Demandas estrategia M2	61
Gráfico 14: Demandas estrategia M3	63
Gráfico 15: Demandas M1 + M2	65
Gráfico 16: Demandas de la M1 + M3 para viviendas A y B.....	66
Gráfico 17: Demandas M2 + M3	68
Gráfico 18: Demandas M1 + M2 + M3	70
Gráfico 19: Temperaturas mensuales 2020, Climate Consultant 6.0	98
Gráfico 20: Área de confort en 2020, Climate Consultant 6.0.....	98

Capítulo 1. Introducción

1.1 Problemática

El estudio abarca un tema que afecta en diversas variables al ser humano y en especial a su medio ambiente, de cómo se modifican las condiciones climáticas hasta la consecuencia directa que tiene el cambio climático en el desempeño de las construcciones. Cualquier medida para disminuir el gasto energético, desalentar el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI), siendo la construcción su principal fuente emisora, genera un beneficio para el medioambiente. En Chile el sector residencial consume más de un 70% de la energía en comparación a los sectores de comercio y edificios públicos. Considerando este parámetro del Ministerio de Energía, se propone evaluar el desempeño de las viviendas que son construidas en la actualidad.

Como País se establecieron diversos planes de mitigación al cambio climático, liderados en el Ministerio del Medioambiente y Energía y Ministerio de Vivienda y Urbanismo, tales como; Plan de descontaminación atmosférica (PDA), Código de construcción sustentable para viviendas (CCSV), Normas técnicas MINVU 011 (NTM 011), entre otros. Estos programas se enfocan en disminuir la contaminación ambiental aumentando la envolvente de las viviendas, desalentando la necesidad de requerir calefacción en zonas donde la principal fuente es la leña¹. El principal problema que se detecta es la carencia de exigencias de la ley actual.

Lo anterior se encuentra dentro de estándares y/o recomendaciones, frente al consumo de enfriamiento, donde CCSV establece que para el 2050, viviendas en las zonas E, F, G no requerirán consumo máximo de enfriamiento (0 a 30 kWh/m²).

Edificaciones ubicadas en regiones con un incremento estimado en su temperatura requerirán una mayor demanda en la refrigeración y menor en la calefacción. Además, la incertidumbre en la predicción del clima afectará en la efectividad y sustentabilidad de la construcción, la calidad de aire interior y en su confort térmico (Yau & Hasbi, 2017). La demanda de energía en las viviendas se ve influenciada por varios factores tales como, climático (Zhu et al., 2013); radiación solar, velocidad

¹ Principal problema que el Plan de descontaminación ambiental para Temuco y Padre las Casas (PDA) plantea en solucionar.

del viento, humedad ambiental, entre otros. También las características del edificio (Shourav et al., 2017) tales como, la envolvente, forma, materialidad, cargas internas, aire acondicionado y equipo de ventilación.

La finalidad del estudio es evidenciar la influencia de los futuros climas en el desempeño de una vivienda tipo en la ciudad, como afecta en las demandas energéticas y en el confort interior.

1.2 Hipótesis

Los efectos del cambio climático afectarían directamente en el desempeño energético y térmico de la vivienda unifamiliar nueva construida en la ciudad de Temuco, debido a un futuro aumento de la necesidad de enfriamiento de la temperatura ambiente.

1.3 Objetivo general

Analizar el efecto del cambio climático en el desempeño térmico y demanda energética en términos de enfriamiento de la vivienda unifamiliar construida en los últimos años en la ciudad de Temuco, determinando qué estrategias de adaptación debiesen considerarse en futuros escenarios climáticos

1.4 Objetivos específicos

- 1) Catastrar el tipo de vivienda unifamiliar nueva construida actualmente en la ciudad de Temuco, según: tipo de agrupamiento, superficie construida, materialidad y número de niveles, para definir casos de estudio representativos de la ciudad.
- 2) Determinar el desempeño energético y térmico de la vivienda unifamiliar representativa bajo los escenarios del cambio climático (IPCC) comparándolo con la normativa vigente y los estándares que establece el Código de construcción sustentable de la vivienda (CCSV)

- 3) Definir las estrategias de adaptación para la mejora del desempeño térmico y la demanda energética de la vivienda unifamiliar en futuros escenarios de los efectos del cambio climático

1.5 Metodología

El estudio se desarrollará en distintas etapas de evaluación:

- a) Etapa descriptiva: Se establecerá el caso base con datos duros del Ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU), Instituto nacional de estadísticas (INE) y dirección de obras de la ciudad de Temuco (DOM), filtrando por materialidad, número de pisos y contexto.
- b) Simulación - paramétrico: Con los escenarios del efecto del cambio climático se simulará el caso base. Simular bajo los parámetros que establecen el IPCC (Intergovernmental panel on climate change) para el escenario A2, para los años 2020 - 2050 y 2080.
- c) Análisis comparativo: Se comparará entre los resultados del desempeño energético de la vivienda base, frente a los requeridos de la normativa exigida RT y recomendadas (CCSV – PDA – NTM11)
- d) Análisis experimental: Se establecerá las estrategias pasivas constructivas y aplicando las adecuadas al caso base, definiendo qué mejoras se pueden implementar (variables dinámicas).

Táctica objetivo específico 1: Catastrar el tipo de vivienda unifamiliar nueva construida actualmente en la ciudad de Temuco, según: tipo de agrupamiento, superficie construida, materialidad y número de niveles, para definir casos de estudio representativos de la ciudad.

Actividades comprometidas:

- Recopilación de datos físicos en la Dirección de obras municipales de la ciudad de Temuco y desde el Informativo Estadístico de Edificación del INE Araucanía
- A partir de la recopilación de datos, se dividió por categoría de construcción y materialidad, número de pisos y tipo de agrupamiento
- Según las categorías y cantidad de construcciones en la ciudad de Temuco se llegó a la inmobiliaria con mayor cantidad de viviendas unifamiliares construidas y planificadas.

- De acuerdo al análisis de la inmobiliaria y su planificación que data de más de 2500 viviendas construidas y planificadas desde el año 2009 al 2035 en donde se escogen los casos más representativos del conjunto habitacional

Táctica objetivo específico 2: Determinar el desempeño energético y térmico de la vivienda unifamiliar representativa bajo los escenarios del cambio climático con el software CCWorldWeatherGen (IPCC) comparándolo con la normativa vigente y los estándares que establece el Código de construcción sustentable de la vivienda (CCSV)

Actividades comprometidas:

- Se simularán dos viviendas del mismo conjunto habitacional, una de 1 piso y otra de 2 niveles, en el programa Design Builder – EnergyPlus.
- A cada simulación se aplicarán los distintos escenarios climáticos del cambio climático por el IPCC. Posibles escenarios; A2 que varían según temas económicos, tecnología y contaminación por los gases de efecto invernadero. Los años a analizar considerando la vida útil de la vivienda y los años en estudio del IPCC (2020- 2050- 2080).
- Se compararán las exigencias establecidas por la Norma de Reglamentación Térmica (rige) con los estándares que proponen valores tales como: Código de construcción Sustentable para Vivienda, NTM 011 y otros.

Táctica objetivo específico 3: Definir las estrategias de adaptación para la mejora del desempeño térmico y la demanda energética de la vivienda unifamiliar en futuros escenarios del cambio climático

Actividades comprometidas:

- A través del análisis del estado del arte y de los resultados obtenidos en las simulaciones se plantearán estrategias de adaptación de diseño pasivo para los casos de estudio escogidos.
- Aplicar estrategias de adaptación definidas para las viviendas y simulación en DesingBuilder bajo los escenarios de cambio climático.
- Analizar resultados con normativa actual y estándares propuestos por el CCSV, NTM11 entre otros.

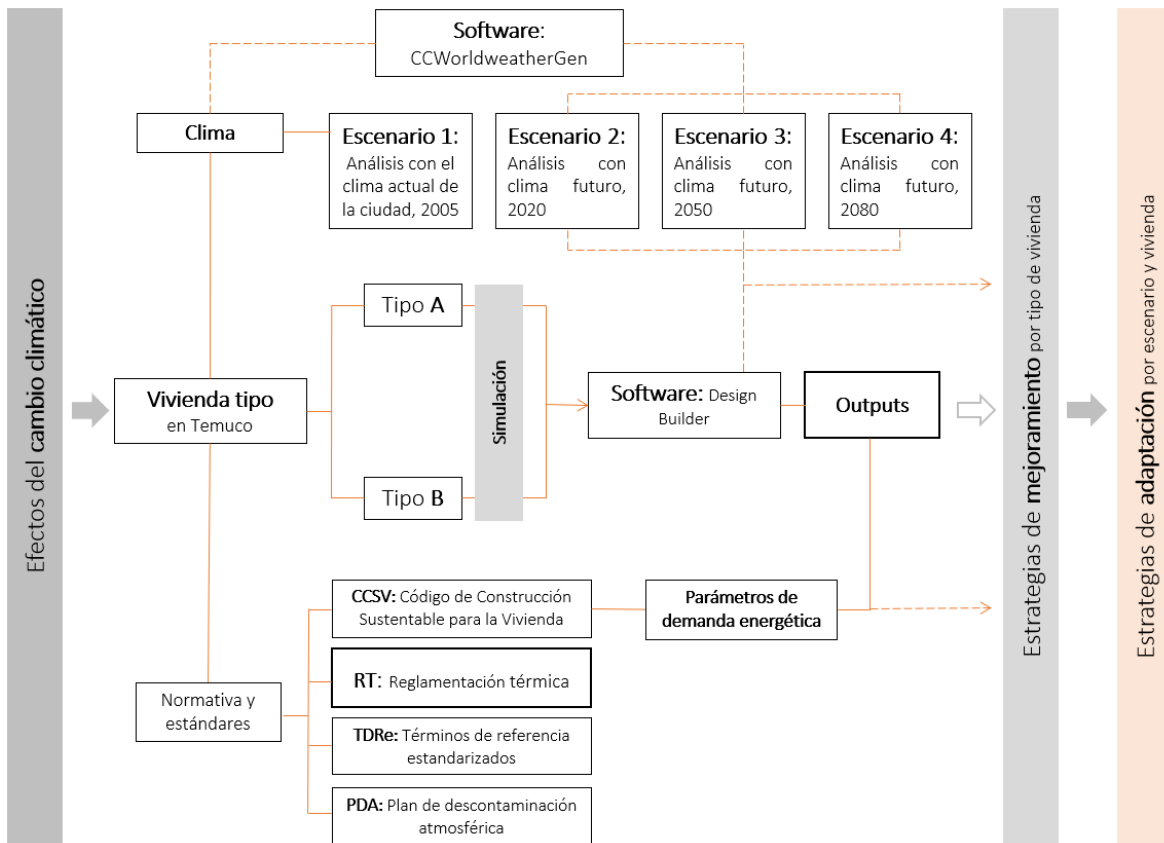


Figura 1: Esquema de metodología (elaboración propia)

Capítulo 2. Cambio climático y sus escenarios

En primera instancia se desarrollarán los temas involucrados en el estudio, con estudios existentes, introduciendo los principales conceptos y cómo el problema en sí afecta al clima, a las construcciones y si es posible disminuir sus efectos.

Definición de cambio climático

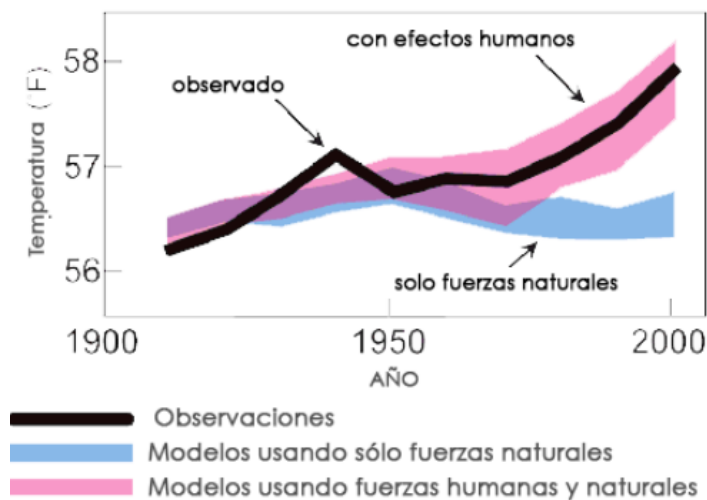
“El Cambio Climático es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales, como por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO₂ y otros gases que atrapan calor, o alteración del uso de grandes extensiones de suelos que causan, finalmente, un calentamiento global” (cambioclimaticoglobal.com, 2018)

Para poder regularizar y saber más de un tema que estaba surgiendo, es que se estableció el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Por recomendación del IPCC, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) ha desarrollado dos principales ejes estratégicos de acción para hacer frente a los desafíos de un clima cambiante: mitigación y adaptación. La mitigación consiste en disminuir las emisiones de los gases de efecto invernadero y/o incrementar la absorción de dióxido de carbono de la atmósfera mediante sumideros². La adaptación se refiere a actividades realizadas por individuos o sistemas, para evitar, resistir o aprovechar los cambios y los efectos del clima, actuales o previstos (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

² Sumideros: Absorción natural de CO₂ de la atmósfera, generalmente en suelos, bosques u océanos. Fuente: *Resumen para responsables de políticas Informe del Grupo de trabajo III del IPCC, 2005.*

Gráfico 1: Separando las influencias naturales y humanas en el clima. Fuente: Hegerl et al, 2007.



Hay autores que afirman que las actividades del ser humano es la principal causa del cambio climático, potenciándolo en los últimos años. Esto se asevera en el libro *“Impactos del cambio climático en Estados Unidos, 2009”* (*Global Climate Change impacts in the United States, 2009*), *“cuando las simulaciones de modelos climáticos del siglo pasado incluyen todas las principales influencias sobre el clima, tanto las inducidas por el hombre como las naturales, pueden reproducir muchas características importantes de los patrones de cambio climático observados. Cuando se eliminan las influencias humanas de los experimentos modelo, los resultados sugieren que la superficie de la Tierra en realidad se habrá enfriado ligeramente durante los últimos 50 años* (Gráfico 1). *El mensaje claro de los estudios de huellas dactilares es que el calentamiento observado durante el último medio siglo no puede explicarse por factores naturales y, en cambio, es causado principalmente por factores humanos”* (Thomas R. Karl, Jerry M. Melillo and Thomas C. Peterson 2009) como muestra el **Gráfico 1**. En resumen, el cambio climático es un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente por gran parte a la suma de la actividad humana, que altera la composición de la atmosfera.

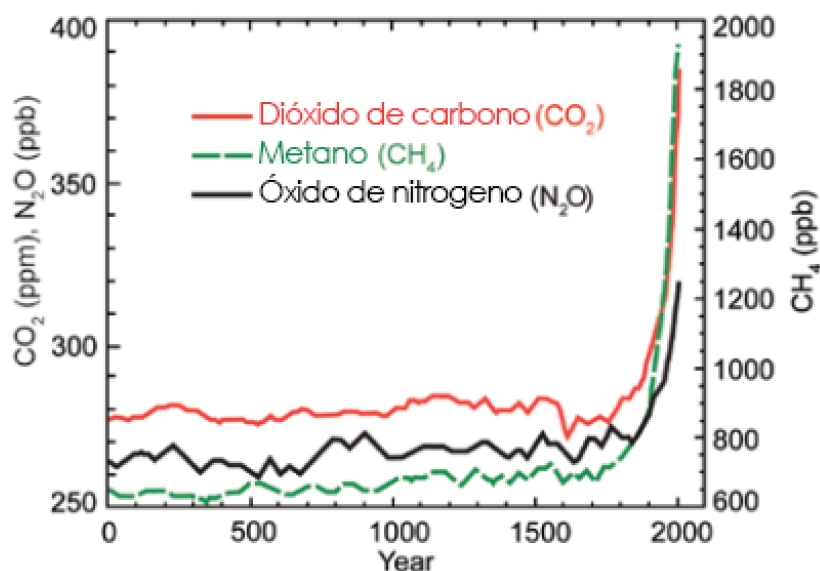
En la reciente publicación IPCC, (IPCC, 2013/14) se indica que, *“en ausencia de esfuerzos adicionales de mitigación, las emisiones de gases de efecto invernadero continuarán creciendo, y causarán un aumento de la temperatura media de la superficie global de más de 3 y hasta 5 grados Celsius al 2100...”*.

Para limitar el calentamiento medio global en la superficie a no más de 2°C³, respecto de la época pre-industrial, umbral definido como máximo por la CMNUCC, se requerirán fuertes reducciones de las emisiones de estos gases a la atmósfera, lo que supondrá un importante reto tecnológico, económico, institucional y de comportamiento, involucrando a toda la humanidad.

Gases de efecto invernadero (GEI)

Corresponden a aquellas emisiones de gases provenientes de las actividades o procesos habituales del ser humano. Se denominan Gases Efecto Invernadero (GEI) ya que contribuyen, en diferentes grados, al Efecto Invernadero por la cantidad de moléculas del gas presente en la atmósfera. Dentro de los gases que tienen esta denominación se encuentran: Vapor de Agua, Dióxido de Carbono, Metano, Óxidos de Nitrógeno, Ozono y otros. (Ministerio de Energía, 2018) En el **Gráfico 2**, se demuestra el incremento de los tres principales gases del efecto invernadero, en donde a partir de la era industrial por las actividades humanas se generó un aumento con mayor intensidad (Thomas R. Karl, Jerry M. Melillo and Thomas C. Peterson 2009).

Gráfico 2: Incremento en los gases de efecto invernadero. Fuente: Forster et al; Blasing. 2007



³ Si la temperatura avanza a 2°C los impactos podrían ser irreversibles, debido a: escasez de agua, inseguridad alimenticia, impactos en la salud, riesgos de inundaciones en áreas costeras, efectos en la biodiversidad, entre otros. Fuente: World Wildlife Found (WWF).

Si bien el Efecto Invernadero es un fenómeno natural, el aumento de su concentración sobre los valores habituales ha incidido en el Calentamiento Global y la modificación de las condiciones climáticas (Cambio Climático). *“...la actividad humana llevada a cabo durante la era industrial ha provocado un incremento drástico tanto de las emisiones de CO₂ como del resto de GEI...”* (C. Trueba, L. Remuzgo, 2015)

La mitigación de los GEI distintos al CO₂ puede ejercer un importante papel en la estrategia climática global y regional por dos motivos. Por un lado, estos gases contribuyen en mayor medida al calentamiento global que el CO₂, por unidad de masa (USEPA, 2012). En este sentido, cerca del 30% del efecto invernadero antropogénico provocado desde tiempos preindustriales se puede atribuir a los mismos (Jentsch, Bahaj, & James, 2008).

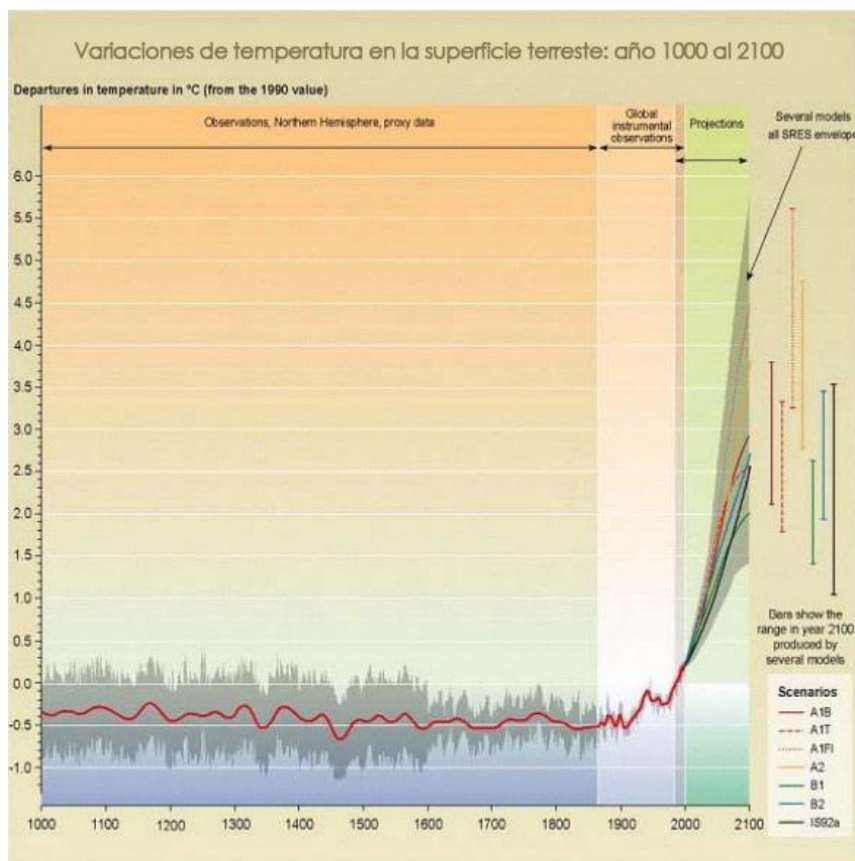
Variaciones en las temperaturas globales

Existen diversos estudios que demuestran los efectos del cambio climático y consecuencias que podrían tener a futuro en las viviendas. *“La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado”* (IPCC, 2013/14). Además, señala una inclinación del aumento de los eventos meteorológicos extremos, aumento de altas temperaturas, olas de calor y la disminución de las precipitaciones.

” Desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2013/14).

Las predicciones que ha publicado el Panel en Cambio climático ha indicado que el aumento de la temperatura global en distintos escenarios sería desde 1.1 – 2.9°C a 2.4 – 6.4°C a finales del siglo XXI (Jentsch et al., 2008), como señala el **Gráfico 3**.

Gráfico 3: Variación temperatura desde año 1000 al 2100, Fuente: IPCC, 2011.



La necesidad de refrigeración de un espacio en todo el mundo está muy concentrada en áreas que recorre aproximadamente en paralelo con el ecuador y cubriendo los trópicos y subtropicos (**Figura 2**). Basado en días de grado de enfriamiento (CDD, Cooling degree days), que miden la desviación positiva de las temperaturas desde un punto de referencia en un lugar determinado durante un período específico. Ese potencial es más de diez veces más alto en las partes más cálidas del mundo, como Medio Oriente, África, India y Caribe, en comparación a zonas templadas, incluida gran parte de América del Norte, Europa occidental, el sur de Argentina y Chile. (IEA, 2018).

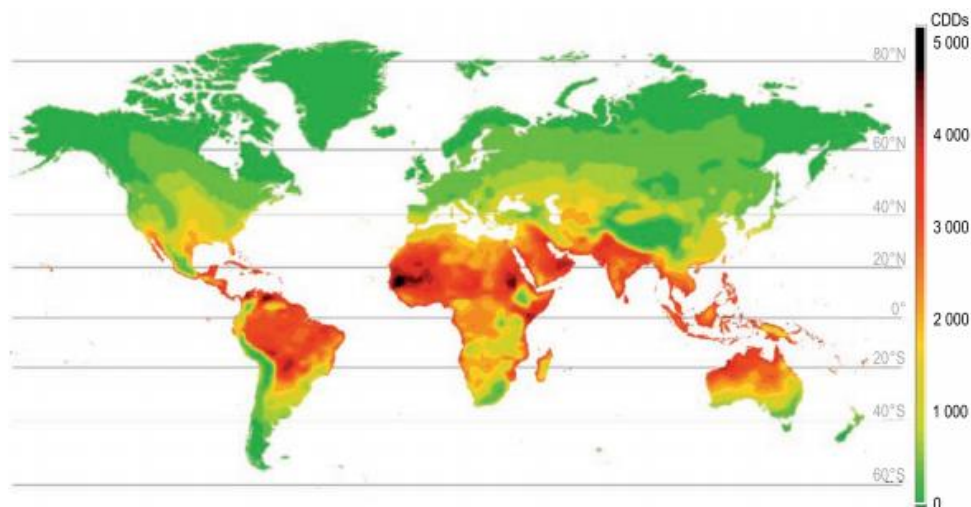


Figura 2: "Grados día de enfriamiento" en el mundo, promedio anual 2007-2017.

Fuente: IEA ,2018

Según el IEA (The future of cooling, 2018, pp 36) en el 2050 la temperatura aumentará en un 1°C en comparación a hoy, lo que llevaría al incremento de CDD en un 25% en promedio (**Figura 3**).

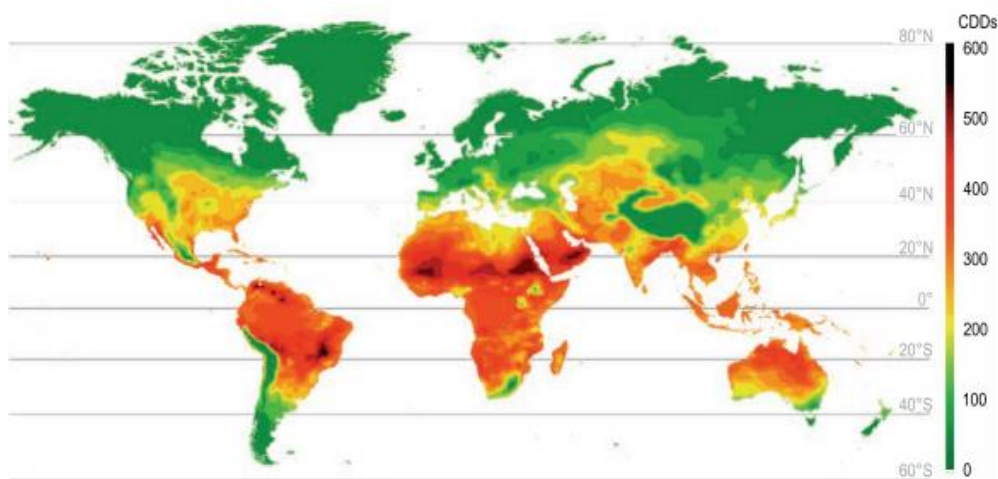


Figura 3: "Grados día de enfriamiento" en el mundo, promedio anual 2016-2050.

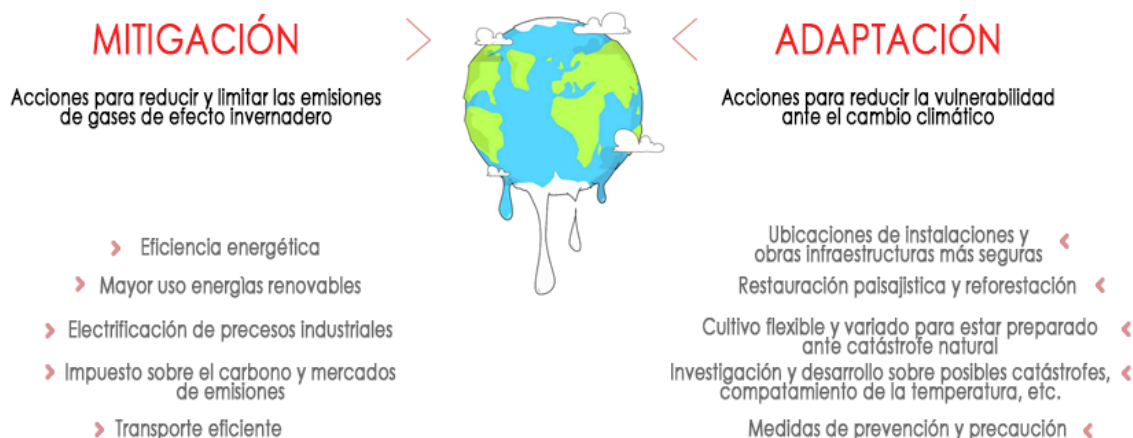
Fuente: IEA ,2018

2.1 Adaptación y mitigación

La adaptación al cambio climático está ligada directamente con la mitigación, como se muestra en la **Figura 4**. La mitigación es la reducción directa del consumo de energía de los edificios, sobre todo la cantidad de energía derivada del carbono utilizada en edificios que contribuyen con las emisiones

de GEI. Del mismo modo, la mitigación implica reducir la vulnerabilidad del edificio ante el cambio climático, en menor escala, las viviendas existentes tienden a adaptarse a los cambios que se enfrentarían en un futuro cercano. (Martin, Campillo, Meirovich y Navarrete, 2013)

MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



La **mitigación** se ocupa de las causas del cambio climático y la **adaptación** aborda sus impactos.

Figura 4: Diferencias entre mitigación y adaptación. Fuente: adaptada de www.sostenibilidad.com

Una de las formas más apropiadas para afrontar a los efectos del cambio climático es mediante procesos de adaptación. El IPCC (2013/14), define la adaptación al cambio climático como: “Un proceso de ajustes al clima y sus efectos actuales o esperados. En sistemas humanos, adaptación busca moderar o evitar impactos negativos o aprovechar los efectos beneficiosos. En algunos sistemas naturales, intervenciones del hombre podrían facilitar los ajustes al clima y sus efectos esperado”

Como lo menciona el Plan Nacional de adaptación al cambio climático, del Ministerio del Medio Ambiente en el 2014, existen distintas categorías de adaptación tales como; preventiva, reactiva, autónoma y planificada.

2.2 Tipos de adaptación

Reactiva

Adaptación que se produce después de haberse observado los impactos del cambio climático. Se ejecuta cuando hay que superar una dificultad.

Autónoma

Conocida por espontánea es una respuesta o reacción independiente que realizan las comunidades y grupos de agricultores con sus propios recursos, conocimientos locales y habilidades, lo que supone una capacidad de respuesta endógena o resiliencia a los riesgos impuestos por el cambio climático (Oscar, Smyle, Vegetales, & Mundial, 2007).

Planificada

La adaptación planificada que resulta de una decisión política deliberada, se ve implicada tanto en el diseño como en la implementación directa de medidas. Además, la creación de capacidades de adaptación, por la vía de un mayor nivel de conocimiento sobre los riesgos, impactos y medidas disponibles para enfrentar el cambio climático.

Preventiva

O anticipadora, es la que se produce antes de que los efectos del cambio climático se perciban. Para garantizar la viabilidad y sustentabilidad de las medidas de adaptación, su identificación e implementación requiere un enfoque participativo, que involucre todas las partes interesadas, personas o instituciones, afectadas o concernidas por las actividades planeadas. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), también recomienda en el contexto de los Planes Nacionales de Adaptación, que estos no deberían representar acciones aisladas, sino formar parte integral e intersectorial, de las políticas del estado, para un desarrollo sustentable y la modernización de sus sectores. (Ministerio del Medio Ambiente, *Plan nacional de adaptación al cambio climático*, 2014)

En el ámbito de la construcción, la adaptación **planificada** es la ideal para implementar, cumple con los parámetros que establece la CMNUCC.

2.3 Escenarios climáticos

Los escenarios climáticos son posibles representaciones de las condiciones climáticas futuras (temperaturas y precipitaciones) (IPCC, 2018).

2.3.1 Escenarios SRES

Tener la precisión de cómo estaría algo en un futuro es indeterminado, por lo mismo que el IPCC estableció distintos escenarios a futuro según las emisiones de gases invernaderos (GEI), considerando que su sistema se ve afectado por múltiples variables, tales como; demografía, socioeconomía y la evolución tecnológica.

En la **Figura 5** se muestra un esquema ilustrativo de SRES (Special report on emissions scenarios) que indica cuatro tramas de escenarios llamadas “familias” A1, A2, B1 y B2. Todos forman 40 escenarios SRES desarrollados por distintos equipos de modelados, todos igual de válidos. Cada conjunto de escenarios tiene diferentes características.

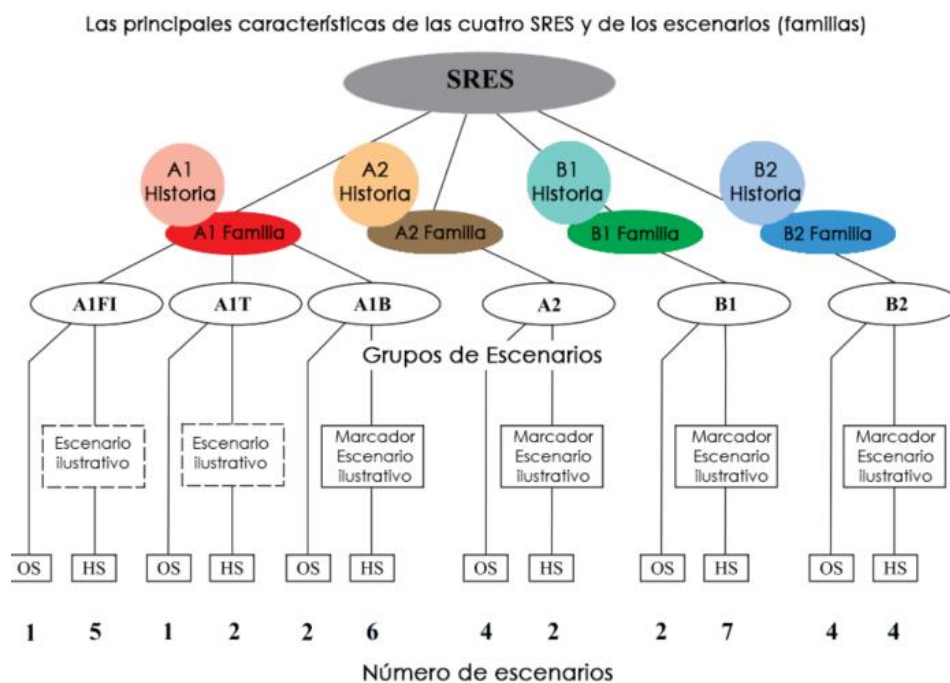
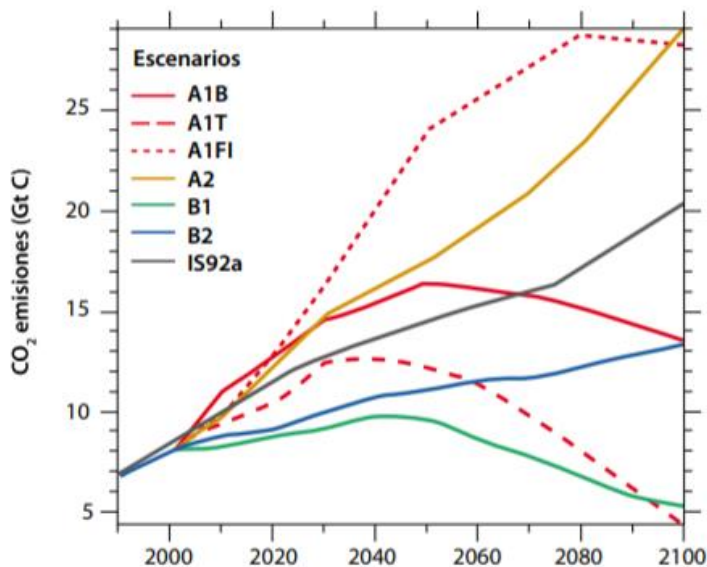


Figura 5: Resumen de políticas, escenarios de emisiones IPCC (2000)

En el **Gráfico 4** se demuestra la gran emisión de gases de efecto invernadero que se encuentra en el escenario A2, en comparación a sus pares.

Gráfico 4: Comparación de escenarios (IPCC, 2000)



Los escenarios planteados por el IPCC son los siguientes:

Escenario A1

Describe un futuro con crecimiento económico muy rápido, una población global que encuentra su punto peak a mitad del centenario para luego declinar, y la rápida introducción de una nueva y más eficiente tecnología.

Escenario A2

Mundo heterogéneo. Autosuficiencia y preservación de las identidades locales. Los patrones de fertilidad entre las regiones convergen de forma lenta con el resultado de un incremento continuo en la población. El desarrollo económico es principalmente regional, orientado al ingreso per cápita o cambios tecnológicos más fragmentados y lentos que en otros escenarios.

Escenario B1

Escenario similar al A1, pero con cambios rápidos en estructuras económicas hacia una economía de servicio e información, con reducción en la intensidad de material y la introducción de un uso limpio y eficiente de los recursos tecnológicos. Se hace hincapié en soluciones globales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, que incluye mejora de la equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.

Escenario B2

Énfasis en las soluciones locales de sustentabilidad social, económica y medio ambiental. Mundo con constante incremento de la población, en un rango menor al escenario A2, niveles intermedios de desarrollo económico y un cambio tecnológico más lento y diverso que los escenarios A1 Y B1. Mientras se orienta hacia la protección del medio ambiente y la equidad social, se enfoca en niveles locales y regionales.

En la **Figura 6** se muestra el resumen de los escenarios según sus emisiones.

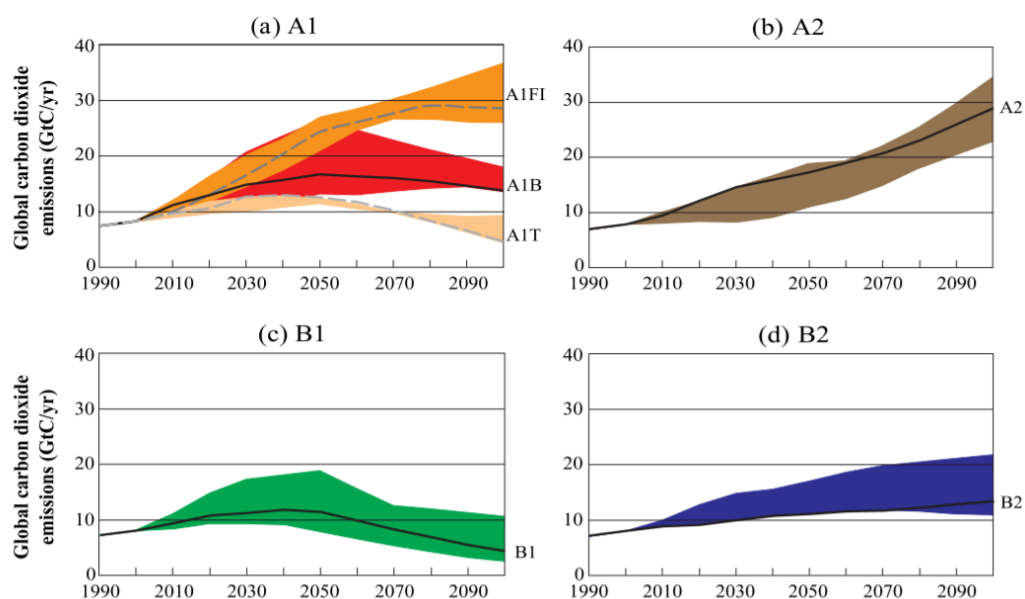


Figura 6 Resumen escenarios de emisiones IPCC (2000)

2.3.2 Escenarios del RCP

Son los nuevos escenarios establecidos por el IPCC en su quinto informe, en donde se han definido 4 nuevos escenarios de emisión, trayectorias de concentración representativas (RCP en inglés “Representative Concentration Pathways”)

Uno de los 4 escenarios cuenta con emisiones muy bajas (más favorable) que es el RCP 2.6, 2 escenarios de estabilización RCP 4.5 y RCP 6.0 y el ultimo escenario con un nivel muy alto de

emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que es el RCP 8.5. Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo⁴ (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5W/m².

Escenario RCP 2.6

El objetivo de este escenario es limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C hacia fines de siglo. Esta condición, se lograría limitando el forzamiento radiativo a valores menores a 3W/m². La meta de este RCP es limitar este valor a 2.6W/m², lo que requiere de reducciones drásticas en emisiones de GEI, de un crecimiento de población mundial medio, de un crecimiento medio del producto interno Bruto (PIB), de la intensidad de emisiones (emisiones/PIB), de tecnologías de almacenamiento, captura de carbono y disminución de emisiones de bio-energías, gas natural, petróleo y carbono a partir del año 2020.

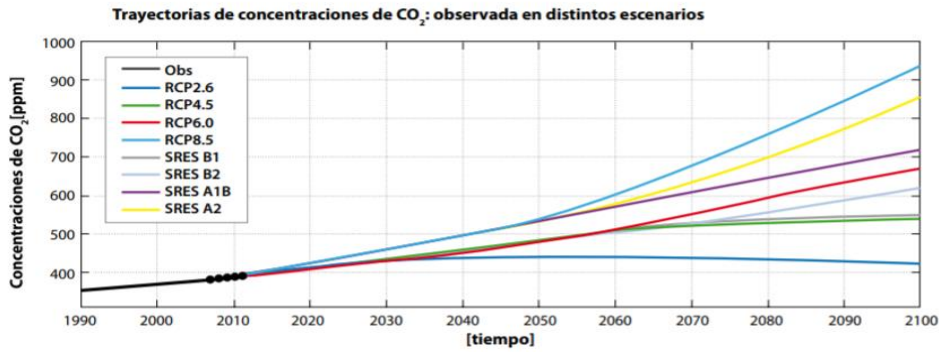
Escenario RCP 8.5

Este escenario representa emisiones y concentraciones de GEI relativamente altas. Sus principales supuestos: alto crecimiento poblacional, bajo crecimiento del PIB, tasas modestas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética, importantes demandas energéticas y consecuente misiones de gases de efecto invernadero. En este escenario no se implementan políticas de mitigación del cambio climático.

En el **Gráfico 5** se diferencian las distintas concentraciones que poseen los distintos escenarios de CO₂.

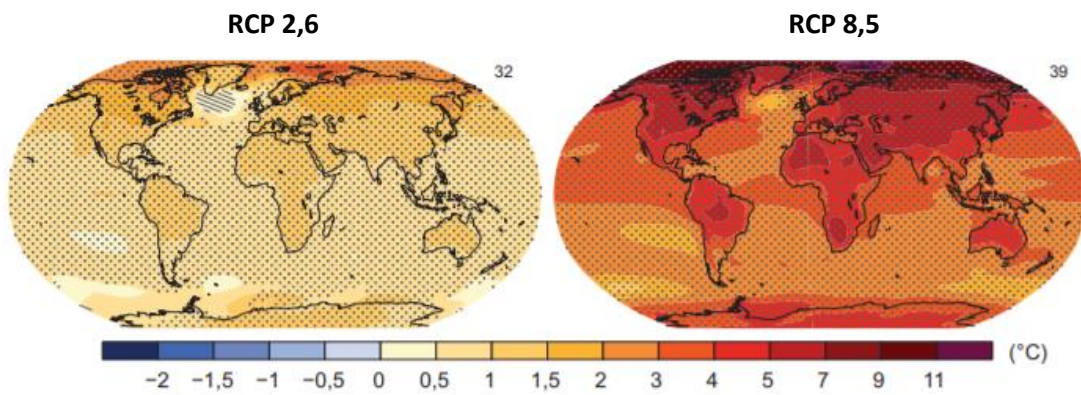
⁴ Forzamiento radiativo: Constituye una medida de cómo el equilibrio del sistema atmosférico de la Tierra se comporta cuando se alteran los factores que afectan el clima. La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre. El equilibrio radiativo controla la temperatura de la superficie terrestre. El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la Tierra está siendo separado de su estado normal. (Base de las Ciencias Físicas, IPCC 2007)

Gráfico 5: Concentraciones de CO₂ (Bases Físicas, 2013)



En la **Figura 7** se indican los cambios en la temperatura y precipitación media para los escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5.

Cambio en la temperatura media en superficie (1986-2005 a 2081-2100)



Cambio en la precipitación media (1986-2005 a 2081-2100)

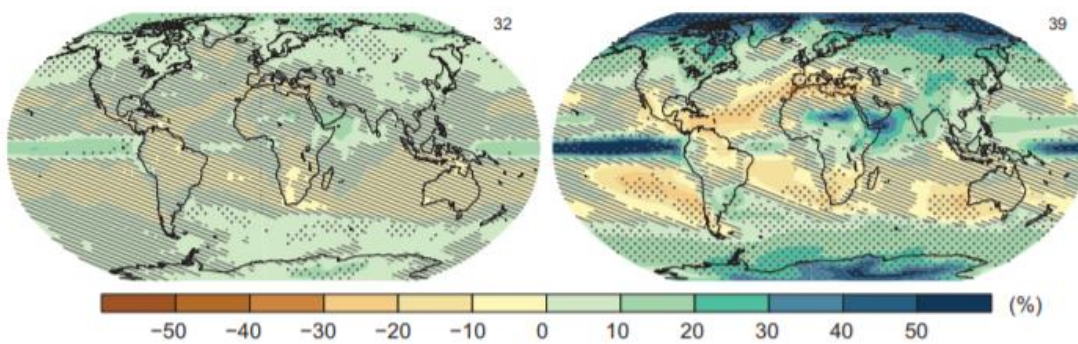


Figura 7: Comparación entre escenarios: precipitaciones y temperaturas. Bases Físicas (2013)

En un ejemplo más local, en 2012 la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) estudió los impactos del cambio climático en Chile, sobre la base de proyecciones del modelo global de clima HadCM3, de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, modelando según los escenarios A2 y B2 de emisiones de GEI SRES (Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022, 2017).

Frente a los posibles escenarios, este estudio utilizará el A2 del IPCC, considerando que existen más informes y resultados comparativos del caso la facilitación de la herramienta CCWorldWeatherGen para la simulación de los climas de la ciudad. Según los estudios de la entidad este escenario es uno de los más probables que ocurra en un contexto nacional.

2.4 Cambio climático en Chile

Chile actualmente es Miembro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El Ministerio del Medio Ambiente, a través de la División de Cambio Climático, es responsable de "proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático", que tiene como misión que a través de políticas públicas enfrentar el cambio climático con acciones de mitigación. Como medida para aminorar las consecuencias que podría provocar el cambio climático, se establecieron estándares en diversos aspectos; energía, vivienda, medio ambiente, infraestructuras etc. (Portal del Ministerio del medio ambiente, ca: 2018)

Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, cumpliendo con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la CMNUCC, a saber: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

En Chile se han establecidos diversos estudios de las repercusiones del Cambio Climático en múltiples temas, uno de ellos es el cambio en la temperatura que se realizó bajo los escenarios RCP, RCP 2.6 y RCP 8.5.

Teniendo como base el periodo de 1961-1990, que bajo los estándares del escenario RCP 2.6 la temperatura en Chile aumentó entre 0.5°C para la zona sur y un 1.5°C para la zona norte. Para los años 2031-2050 se mantiene el aumento de temperatura, pero con mayor intensidad.

En cambio, con el escenario RCP 8.5 que considera mayores concentraciones de CO₂, el aumento de temperatura llega hasta los 2°C, según la **Figura 8** en el plan de Adaptación al cambio climático.

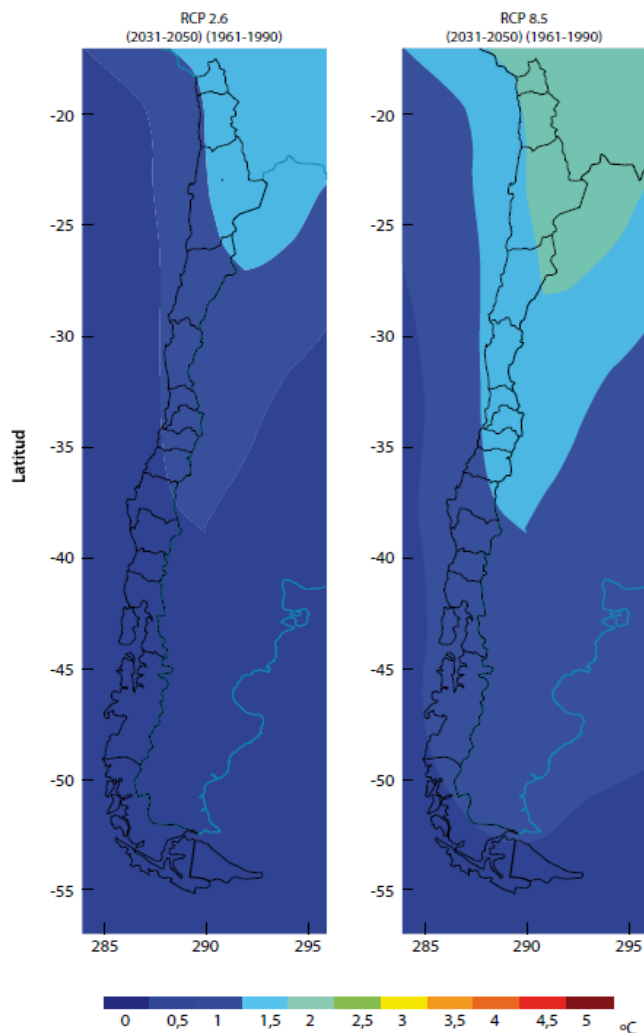


Figura 8: Plan nacional de adaptación al cambio climático (2014)

En el caso de las lluvias en Chile, a diferencia de la temperatura se observa una disminución considerable de estas, indicadas en **Figura 9**.

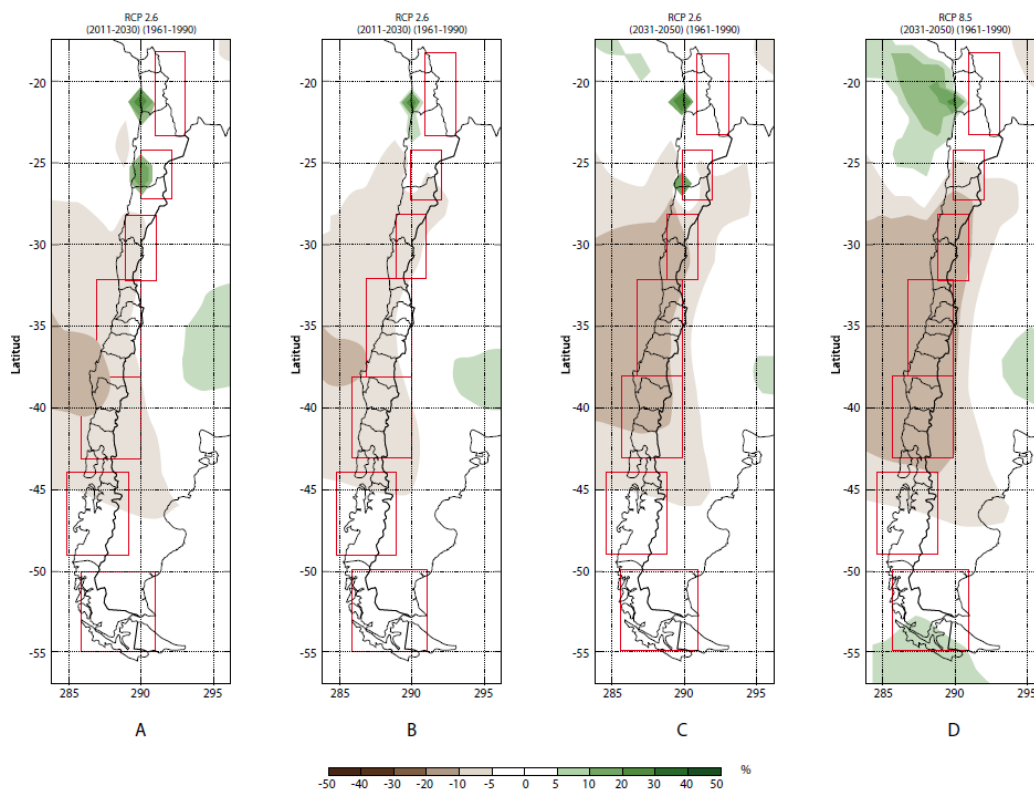


Figura 9: Plan nacional de adaptación al cambio climático (2014)

2.5 Los efectos del cambio climático en viviendas

La acelerada urbanización junto con los efectos del cambio climático genera una relación que es preocupante para las ciudades. Éstas, aunque representan menos del 2% de la superficie de la tierra, son las que más contribuyen al cambio climático, dado que en ellas se consume el 78% de la energía mundial, y se genera cerca del 70% de las emisiones de GEI a nivel global⁷ (HABITAT, 2011)

Como declara el informe el banco UBS “Climate change: a risk to the global middle class, 2016” (cambio climático: un riesgo para la clase media mundial) El informe establece que “...2015 fue el año más caluroso registrado hasta ahora.” Continúa diciendo “...el fenómeno meteorológico de El Niño ha sido el más fuerte hasta ahora, provocando, por ejemplo, un aumento de 3 grados centígrados de la temperatura en el Océano Pacífico.”

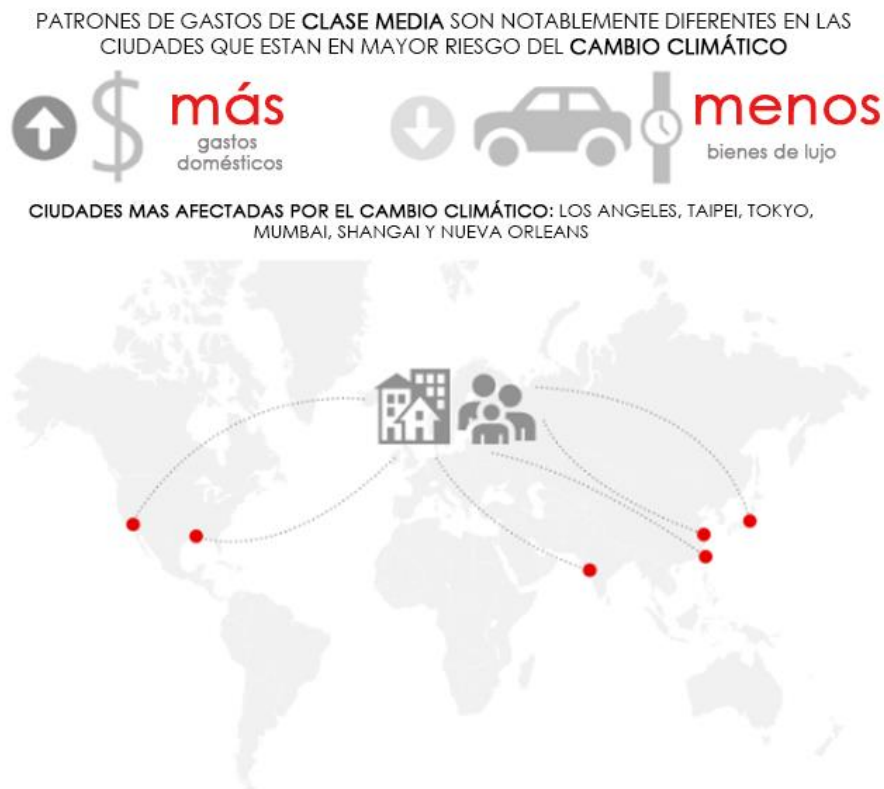


Figura 10: Del informe, Cambio climático: un riesgo para la clase media mundial. Fuente: Unión de bancos suizos UBS, 2016.

El informe advierte que determinados gastos ligados a la adaptación del cambio climático pueden generar efectos negativos, como se muestra en la **Figura 10**. Es el caso de los sistemas de climatización que suponen un aumento de la demanda de electricidad que puede sobrepasar la capacidad de abastecimiento y provocar un incremento de las emisiones causantes del calentamiento global (Grupoe UBS, 2016). *“Hogares consumen del tercio de la energía, en países con clima templado, más de la mitad de esta energía es utilizada para calefacción”* (Isaac & Van Vuuren, 2008)

Existen estudios similares en distintas ciudades del mundo, que apuntan y aseveran el aumento en la demanda de refrigeración debido al cambio climático, edificios en regiones con un aumento estimado en la temperatura requerirá más enfriamiento y menos demanda de calefacción. Además, las tendencias climáticas impredecibles también afectarán el edificio en su efectividad y sostenibilidad, calidad del aire interior y confort térmico (Yau & Hasbi, 2017). Como también SE

indica que “...con el aumento de las temperaturas medias, el uso de energía para la calefacción disminuirá y el uso de energía para la refrigeración aumentará...” (Yau & Hasbi, 2017) .

El clima incide en la arquitectura y la calidad ambiental. Este se considera un factor significativo en la edificación; aumentando las temperaturas interiores de edificaciones y por consecuencia, afecta a la demanda de refrigeración.

Además, de acuerdo a las tendencias climáticas impredecibles y las altas temperaturas interiores, las viviendas se ven afectadas por las inundaciones, como se representa en la **Figura 11**.

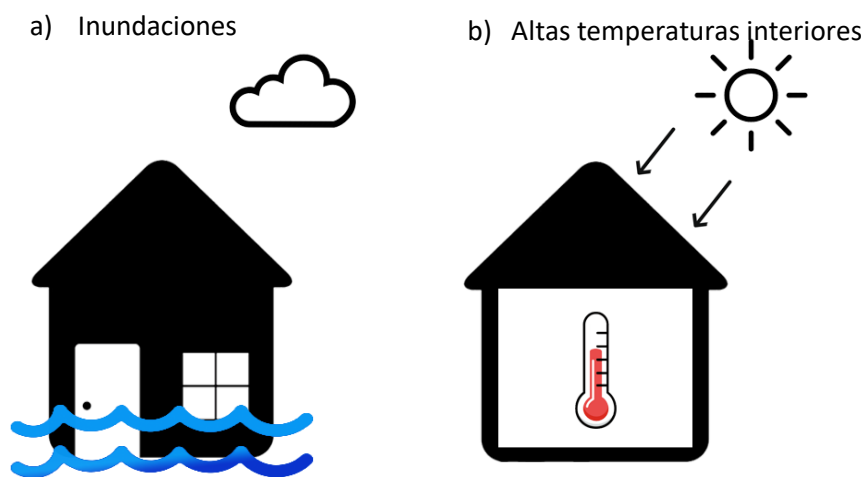


Figura 11: Consecuencias del cambio climático en las viviendas

Capítulo 3. Comportamiento térmico de viviendas según clima

3.1 Confort

Un edificio puede ser considerado como un sistema térmico en interacción con un medio exterior cambiante y a menudo adverso en relación a nuestros requerimientos de confort, con el que sostiene una serie de intercambios de energía: pérdidas o ganancias por conducción a través del espesor de la envolvente; pérdidas o ganancias por ventilación a través de las obturaciones de la envolvente; ganancias solares, por radiación solar directa e indirecta; ganancias internas, producto de la actividad en el recinto y/o la calefacción; y las pérdidas evaporativas (R. D'Alençon, 2008).

La función esencial de una casa es proporcionar un clima interior adecuado a las necesidades y la comodidad del habitante, generalmente éste prioriza la comodidad antes del ahorro de energía (Errebai, Derradji, & Amara, 2017).

-Confort térmico

Definido como “aquella condición del ánimo que expresa satisfacción con el medio térmico” (BS EN ISO 7730) En otras palabras, el confort térmico manifiesta la percepción del usuario respecto de si el medio está demasiado cálido o frío.

Se aplica el término *comfort*⁵ al conjunto de condiciones ambientales aceptadas por las personas para el desarrollo de sus actividades habituales. Definido por la Sociedad Americana de ingenieros en calefacción, refrigeración y de aire acondicionado (ASHRAE) como “la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (ASHRAE, 2010). Los parámetros del confort no son objetivos ya que se ve influenciada por elementos culturales o expectativas colectivas. El confort térmico es uno de los más esenciales aspectos de la satisfacción el usuario y el consumo de energía en edificios (Nicol et al., 2012)

Determinar las condiciones de confort es complejo, pues supone el manejo de elementos objetivos y subjetivos, de orden fisiológicos, psicológicos y culturales (S. Florensa, 1999)

⁵ Comfort: palabra inglesa, que en su uso extendido se conoce por confort.

Para conseguir confort en el interior de la vivienda, el clima del lugar ofrece tanto aspectos positivos como negativos, de acuerdo a las diferentes épocas del año e incluso considerando diferentes horas del día. (W. Bustamante, 2007)

3.2 Intercambio de calor en viviendas

Los intercambios de calor y humedad entre las viviendas y su medio ambiente se producen a través de la envolvente, que se puede definir como la superficie o volumen exterior del edificio expuesto a las condiciones de la intemperie. Incluye muros, cubierta y suelo. “La vivienda y sus elementos constructivos, en su interacción con el medio ambiente, se someten a una serie de fenómenos de transferencia, captación y almacenamiento de calor” (W. Bustamante, 2007).

El uso de la energía de construcciones residenciales se puede reducir a través de numerosas acciones de adaptaciones tales como; mejorando las ventanas, agregando aislamiento a los muros durante renovaciones y a través de medidas para reducir el intercambio descontrolado de aire interior y exterior (Harvey, 2009).

Las demandas de calefacción y refrigeración de las construcciones se deben principalmente a la transmisión de calor a través de la envolvente. Desde el punto de vista de la conservación de energía, el aislamiento térmico es una forma efectiva de lograr la conservación de energía, en consecuencia, el consumo de energía para el acondicionamiento del espacio se puede reducir aumentando el espesor de la aislación (X. Liu, Chen, Ge, Fazio, & Chen, 2015).

Una de las formas más efectivas de reducir el consumo de energía de la construcción es el uso de aislamiento térmico (Idchabani, Khyad, & El Ganaoui, 2017; Kameni, Ricciardi, Reiter, & Yvon, 2017), es por eso que en detalle, los elementos que influyen de manera más directa en la pérdida o ganancia de energía en una vivienda son:

-Envolvente

La envolvente térmica es una estructura compuesta de elementos de construcción que separa una zona de temperatura interior del exterior (Cleveland & Morris, 2009)

Es la superficie o exterior del edificio expuesto a las condiciones de la intemperie. Incluye muros, cubierta y suelo. (R. D’alençon, 2008).

Un considerable espesor de aislamiento aplicado en la parte externa del muro de las construcciones da como resultado una transmisión de carga de calor significativamente menor (Ozel, 2011).

“Es recomendable una baja transmitancia térmica en muros. Esta aislación debe tener como mínimo 60mm. El aumento de la aislación térmica en muros, genera reducciones significativas en la demanda de calefacción” (W. Bustamante, 2007)

-Techumbre ventilada

El uso del techo ventilado reduce considerablemente el flujo de calor que llega a la construcción teniendo un mejor rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético (Omar, Virgone, Vergnault, David, & Idriss, 2017)

En invierno, ésta puede ser una forma efectiva de perder calor en cambio en verano la radiación incidente en la cubierta calienta el aire al interior en el entretecho y posteriormente se transmite al interior de la vivienda (R. D’alençon, 2008). Para la zona donde se realiza el estudio se recomienda que la cubierta sea ventilada con 120 mm de aislación térmica como mínimo, debiendo ser el entretecho ventilado para disminuir el efecto de radiación sobre la cubierta y evitar posibles sobrecalentamientos (W. Bustamante, 2007).

-Ventanas

Las ventanas tienen un efecto significativo en el comportamiento del edificio (M. Liu, Heiselberg, Larsen, Mortensen, & Rose, 2017) considerando que es una parte importante de la envolvente que reduce el coeficiente de transferencia de calor (Zhang, Huang, & Zhou, 2015).

La captación solar en la vivienda se realiza a través de los elementos de la envolvente, principalmente elementos vidriados. La cantidad de calor captado y la forma de transmisión hacia el interior, va a estar determinada por las propiedades de los elementos de la envolvente y el nivel de sombra a que estará expuesta la vivienda. En períodos de frío la captación solar debe ser máxima, mientras que en períodos de calor debe ser mínima. (R. D’alençon, 2008).

El confort térmico interior de una vivienda se puede mejorar reduciendo el coeficiente de transferencia de calor de las ventanas (**Figura 12**) considerando que se ha demostrado que las ventanas actúan como el componente térmico más débil en las construcciones (Banihashemi, Golizadeh, Reza Hosseini, & Shakouri, 2015).

Una forma de reducir la pérdida de energía a través de las ventanas es instalando ventanas de doble vidrio (Orhan, 2000).

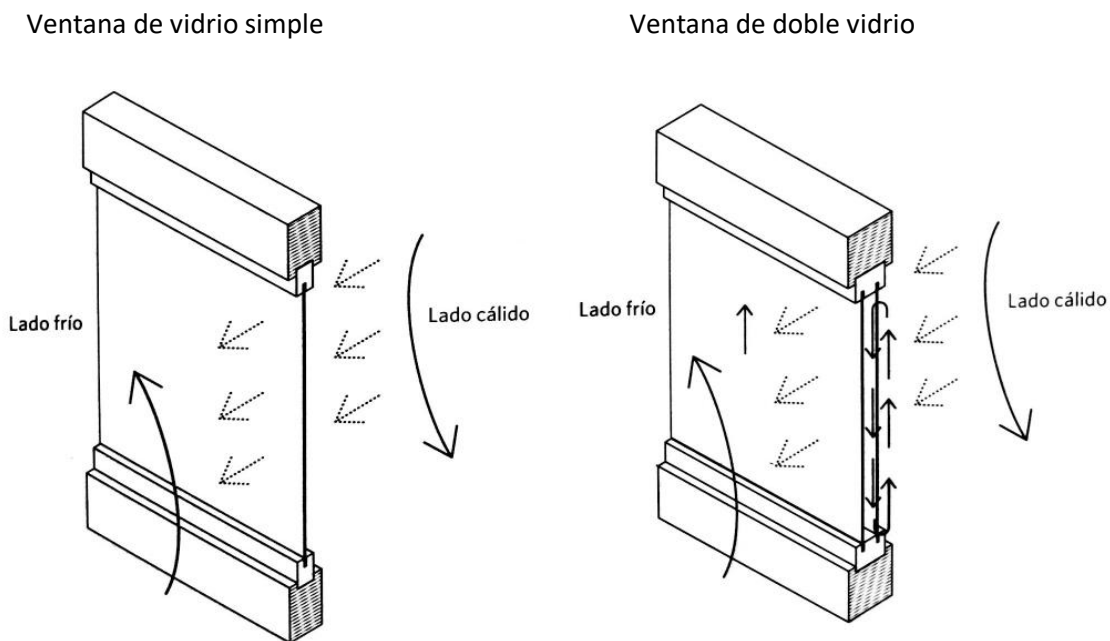


Figura 12: Pérdidas de calor a través de ventanas, Fuente: Acondicionamientos arquitectura y técnica, 2008

“El diseño de la vivienda con los respectivos sistemas constructivos es el que debe satisfacer por sí solo los requerimientos de confort en el espacio interior. Los sistemas (calefacción y aire acondicionado) sólo deben ser un complemento para ello, cuando la vivienda no lo consigue por sí sola. En todo caso, es preciso señalar que, si una vivienda necesita de aire acondicionado en Chile, es que entonces la arquitectura presenta problemas en su diseño” (W. Bustamante, 2007).

Capítulo 4. Normativas y estándares

Las normativas son todas aquellas disposiciones de carácter técnico derivadas de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y del Instrumento de Planificación Territorial respectivo. A diferencia de los estándares que carecen de obligatoriedad. Se explica cada una de las que podrían tener una influencia en el desempeño térmico y energético en la vivienda en la zona geográfica implicada en este estudio.

4.1 Código de construcción sustentable para la vivienda (CCSV)

En Chile la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable (ENCS) estableció en uno de sus objetivos desarrollar un manual con “estándares adecuados” con el fin de definir estándares de construcción sustentable, con énfasis en las viviendas, creando *“El Código de Construcción Sustentable para Viviendas (CCSV)” 2015*.

Una de las diferencias que tiene este código es que rige con la nueva zonificación de Chile, se diferencian zonas costeras de la cordillera y zonas entre dos macro sectores (ver **Anexo 1**).

El código abarca siete categorías:

- i. Salud y bienestar
- ii. Energía
- iii. Agua
- iv. Entorno inmediato
- v. Impacto ambiental
- vi. Residuos
- vii. Materiales

La categoría más relevante para este estudio es de “**energía**” cuyo objetivo es ahorrar en el consumo energético en calefacción, iluminación y el uso de agua caliente.

Como se destaca en el código, su objetivo es el siguiente: Fomentar medidas de diseño solar pasivo, equipos energéticamente eficientes y energías renovables en el diseño, construcción y operación

de las viviendas, fomentando hábitos de uso eficiente de la energía en las diferentes etapas de un proyecto, para contribuir con la reducción del consumo energético del sector residencial.

En este ítem de energía es donde se establecen valores máximos de demanda de calefacción y refrigeración para una vivienda aislada según zona de emplazamiento.

Se establece un máximo en demanda de calefacción según zona de la vivienda **Tabla 1**:

Tabla 1: Código de Construcción Sustentable, octubre 2015

Zonas térmicas	Demanda de Calefacción (kWh/m ²)			
	2020	2030	2040	2050
Zona A	15	15	15	15
Zona B	90	65	43	15
Zona C	77	56	38	15
Zona D	71	52	35	15
Zona E	117	88	59	30
Zona F	135	100	67	30
Zona G	120	90	60	30
Zona H	120	90	60	30
Zona I	150	110	73	30

Se destaca que los límites máximos que declara el CCSV de acuerdo tabla 2 son aquellos que se considerarían con mayor énfasis en el análisis de demanda para los casos de estudio.

La **Tabla 2** indica los requerimientos máximos de demanda en enfriamiento para vivienda aislada por zona.

Tabla 2: Código de Construcción Sustentable, octubre 2015

Zonas térmicas	Demanda de enfriamiento (kWh/m ²)			
	2020	2030	2040	2050
Zona A	5.7	4.0	3.0	2.0
Zona B	5.5	4.0	3.0	2.0
Zona C	1.0	0.7	0.0	0.0
Zona D	4.4	3.0	2.0	1.0
Zona E	0.0	0.0	0.0	0.0
Zona F	0.0	0.0	0.0	0.0
Zona G	0.0	0.0	0.0	0.0
Zona H	0.0	0.0	0.0	0.0
Zona I	5.7	4.0	3.0	2.0

4.2 Normas técnicas MINVU 011 (NTM11)

Esta normativa posee una clasificación de zonificación similar al CCSV, semejante en lo que dicta la Norma Chilena oficial de Zonificación Climático-Habitacional (NCh1079/2008), que diferencian zonas costeras del país con zonas ubicadas entre éstas y la cordillera de Los Andes.

La NTM11 no exige demanda de calefacción y/o de enfriamiento, pero enfatiza y mejora las exigencias en la envolvente de las viviendas, disminuyendo la transmitancia térmica de los elementos que la componen. Mejora el acondicionamiento térmico de los elementos opacos, tales como: techumbres, muro, piso y puertas.

Tabla 3: Transmitancia térmica “U” máxima y resistencia térmica “Rt” mínima en edificaciones de uso residencial, educación y salud

Zona Térmica	Complejo de techumbre		Complejo de muro		Complejo de piso		Complejo de puerta	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt	U	Rt
A	0,84	1,19	2,10	0,48	3,60	0,28	---	---
B	0,47	2,13	0,50	2,00	0,70	1,43	1,00	1,00
C	0,47	2,13	0,80	1,25	0,87	1,15	1,20	0,83
D	0,38	2,63	0,60	1,67	0,70	1,43	1,20	0,83
E	0,33	3,03	0,50	2,00	0,60	1,67	1,00	1,00
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,50	2,00	1,00	1,00
G	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,00	1,00
H	0,28	3,57	0,40	2,50	0,39	2,56	0,80	1,25
I	0,25	4,00	0,35	2,86	0,32	3,13	0,80	1,25

Los complejos de ventanas que están dentro de la envolvente térmica deberían cumplir un porcentaje máximo de superficie según su orientación señalados en la **Tabla 4** según la zona.

Tabla 4: Porcentaje máximo de superficie de complejo de ventanas por orientación en edificaciones de uso residencial.

ZONA TÉRMICA	U > 3,6 W/(m2K)				3,6 ≥ U > 2,4 W/(m2K)				U ≤ 2,4 W/(m2K)			
	N	S	O-P	POND	N	S	O-P	POND	N	S	O-P	POND
A	70%	45%	60%	30%	90%	65%	80%	40%	100%	100%	100%	-
B	30%	10%	25%	12%	85%	40%	65%	32%	95%	60%	85%	40%
C	40%	15%	35%	15%	80%	50%	60%	30%	95%	65%	85%	40%

D	25%	10%	15%	10%	70%	30%	60%	27%	90%	50%	80%	37%
E	0%	0%	0%	-	70%	25%	55%	25%	90%	45%	80%	37%
F	0%	0%	0%	-	60%	20%	37%	20%	85%	40%	75%	35%
G	0%	0%	0%	-	35%	10%	20%	10%	65%	20%	35%	20%
H	0%	0%	0%	-	55%	15%	30%	15%	75%	25%	60%	27%
I	0%	0%	0%	-	35%	10%	20%	10%	65%	20%	35%	20%

4.3 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)

La Ordenanza general de Urbanismo y Construcción de 1975, ha sufrido varias actualizaciones a través del tiempo, en la última actualización se incorpora la reglamentación térmica (RT) en la cual, por etapas se fue exigiendo en diversos elementos de una vivienda.

4.3.1 Reglamentación térmica (RT)

Es la ley que rige actualmente artículo 4.1.10, de 1992, que entró en vigencia el año 2007.

Exigencias para los complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados. Los cuales deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menos, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior a la señalada para la zona que corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo a los planos de zonificación térmica aprobados. (Reglamentación térmica 1993).

Tabla 5: Valores mínimos de U y/o RT según zona térmica, enero 2007

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/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

La **Tabla 6** muestra las exigencias para el porcentaje máximo de superficie de ventanas.

Tabla 6: Valores porcentaje vidriado según zona térmica, enero 2007

ZONA	Vidrio monolítico	DVH doble vidriado hermético	
		3.6 W/m ² K >U>2.4 W/m ² K	U < 2.4 W/m ² 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%

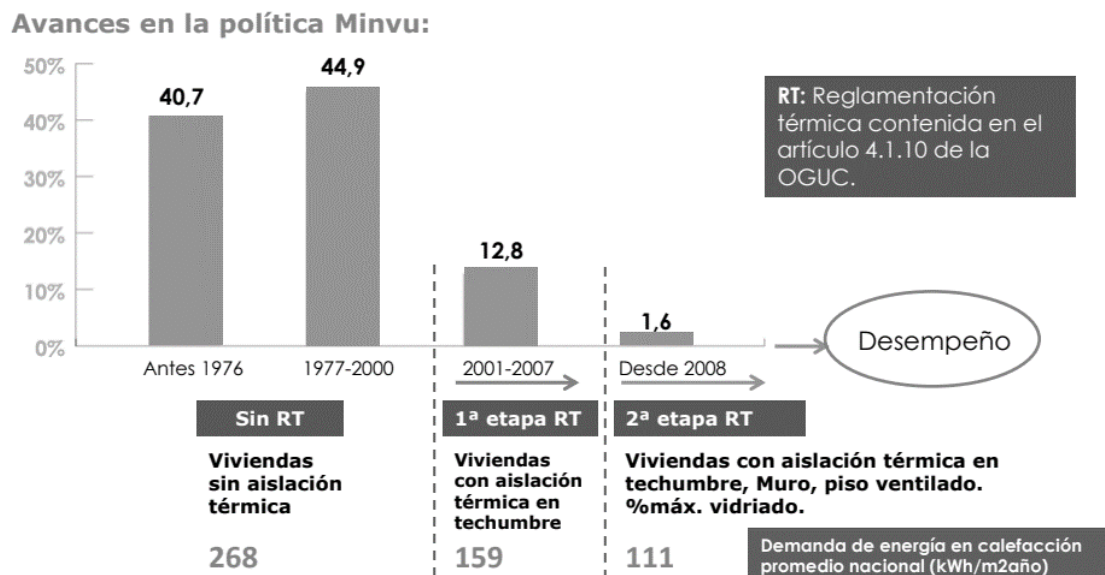


Figura 13: Estudio conservación de la energía en el sector residencial de Chile 2010

A diferencia de los estándares anteriores la OGUC es la normativa vigente, por lo cual la RT es lo que está rigiendo actualmente para las viviendas (**Figura 13**). En este caso la RT tiene dividido al país en 7 zonas, siendo considerablemente menor la exigencia en la envolvente y elementos opacos, el porcentaje para las ventanas se exige sin importar su orientación.

4.4 Plan de descontaminación atmosférica (PDA)

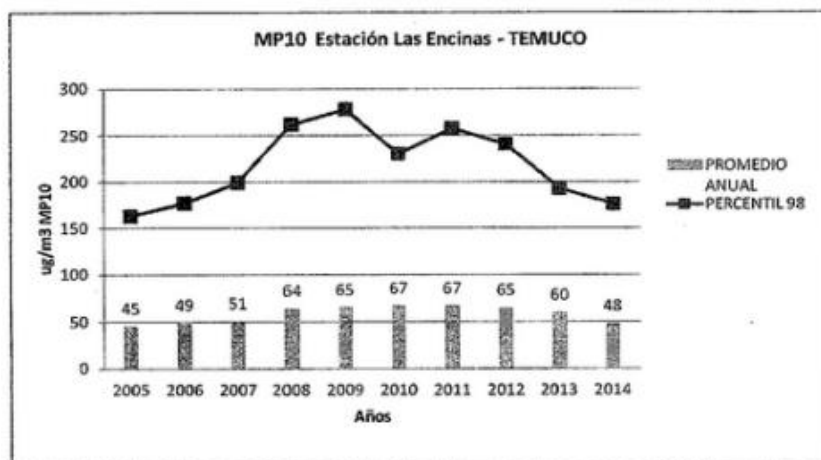
El plan de descontaminación atmosférica nació por una necesidad ante la inminente contaminación que había en 25 ciudades de Chile (PDA 2014-2018) ver **Figura 14**. Para complementar la medida también está destinado a la mejora de las condiciones técnicas de las viviendas Según los requerimientos de cada ciudad es que existen PDA específicos a localidades. La ciudad de Temuco, caso de este estudio, se sitúa dentro de, las más contaminadas, según Ministerio del Medio Ambiente.

El Plan de Descontaminación Atmosférica por MP 2,5, para las comunas de Temuco y Padre Las Casas y de actualización del Plan de Descontaminación por MP10, para las mismas, en adelante PDA, tiene por objetivo dar cumplimiento a la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 y a la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable fino MP2,5, en un plazo de 10 años (Plan operacional 2018 para la gestión de episodios críticos en el marco del PDA de Temuco y Padre las Casas ds nº8/2015 del MMA).



Figura 14: OMS (2016)

Gráfico 6: Gráfico de datos promedios anuales de MP10 en Estación Las Encinas,



Como el PDA es sobre la ciudad de Temuco y Padre las Casas es que posee requerimientos específicos para estas zonas.

Artículo 32.- (2006) A 12 meses de la entrada en vigencia del presente Decreto, toda vivienda nueva que se construya en la zona saturada deberá cumplir al menos con los siguientes estándares:

1- Transmitancia térmica de la envolvente: Los proyectos de vivienda nueva deberán verificar el estándar que se señala en la siguiente Tabla.

Tabla 7: Transmitancia térmica máxima de la envolvente, Decreto 8 PDA (febrero 2015)

Elemento	Estándar	Temuco y Padre las Casas
Techo	Valor U [W/(m ² K)]	0,33
Muro		0,45
Piso ventilado		0,5

Artículo 33.- A partir del 1º de enero de 2018, toda vivienda nueva que se construya en la zona saturada y aquellas viviendas que a partir de esa fecha serán objeto del subsidio de acondicionamiento térmico referido en el artículo 29 del presente Decreto, deberán cumplir al menos con los siguientes estándares:

1- *Transmitancia térmico de lo envolvente: Los proyectos de viviendas nuevas y de Acondicionamiento Térmico de viviendas existentes deberán verificar el estándar que se señala en la siguiente Tabla.*

Tabla 8: Transmitancia térmica máxima de la envolvente, Decreto 8 PDA (febrero 2015)

Elemento	Estándar	Temuco y Padre las Casas
Techo	Valor U [W/(m ² K)]	0,28
Muro		0,45
Piso ventilado		0,50
Ventana		3,60
Puerta		1,70

Tabla 9: Resumen de las exigencias, elaboración propia

NORMATIVAS										
CCSV		Demanda de calefacción				Demanda de enfriamiento				
		kWh/m ²				kWh/m ²				
	Año	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	
	Zona F	135	100	67	30	0	0	0	0	
NTM 011	Valor U									
	Zona F	Techumbre	Muros	Piso	Puerta	Ventana				
		0,28	0,45	0,5	1	%PO*				
RT	Zona 5	0,33	1,6	0,5	-	18%				
PDA	Zona F: 2006	0,33	0,45	0,5	-	-				
	Zona F: 2018	0,28	0,45	0,5	1,7	3,6				

Cabe reiterar que la ley que rige actualmente es el de la Reglamentación térmica (RT) cuyos estándares son bajos en comparación con los códigos y planes antes mencionados, los cuales han demostrado actualizaciones y medidas más estrictas para el mejor desempeño de las viviendas. Frente a esto es que el estándar con el cual se va a comparar los resultados del estudio son los establecidos por el CCSV (**Tabla 9**), ya que determina valores de las demandas de calefacción y enfriamiento.

Capítulo 5. Casos de estudio

Temuco, (38°45'00"S 72°40'00"O) capital de la región de la Araucanía de Chile. Se expondrán datos históricos de la urbanización y la locación específica de los casos de estudios, características del clima actual y los escenarios futuros simulados.

5.1 Crecimiento del sistema urbano

La primera regulación de la ciudad se hizo a través de la “hijuelización⁶” del territorio adyacente al fuerte de Temuco, en 1881 (**Figura 15**) y ya el año 1892 aparecen el trazado de Caupolicán y la estación de ferrocarriles a la costa. La data más antigua de ocupación del sector de Villa Alegre en Padre las Casas es señalada ya en el año 1920. El año 1966, el arquitecto Enrique Gebhard, plantea la planificación territorial para Temuco en un sistema de poblamiento integral, con ciudades satélites en Cajón, Metrenco y **Labranza** y puentes sobre el Cautín, uno en el sector de calle Valparaíso (Antecedentes históricos de la ciudad de Temuco, Municipalidad de Temuco)

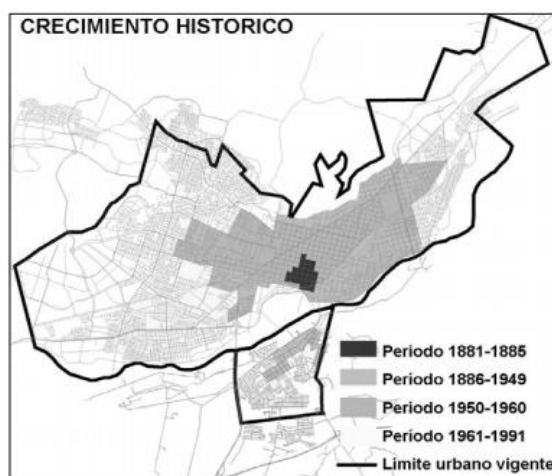


Figura 15: Dirección de planificación, Municipalidad de Temuco

El sistema urbano Temuco – Padre Las Casas es el más importante de la región de La Araucanía, siendo Temuco la capital de la región, indica su jerarquía funcional y demográfica. Con un

⁶ Hijuelización, parcelación o división de predios rústicos que pertenezcan a dos o más personas en común que lo hayan adquirido por sucesión por una causa de muerte o por disolución de la sociedad conyugal. Artículo 5° Ley N° 16.465.

incremento cercano al 26% en el período intercensal 1992 – 2002, el sistema urbano Temuco – Padre Las Casas tenía en 2002, 266.225 habitantes y según estudio del INE el año 2007 tenía 293.688 habitantes urbanos, 31 % de la población regional (45,75% de la población urbana regional). Este crecimiento ha forzado el alza de la demanda habitacional dentro y en las cercanías de la ciudad, debido a la gran demanda y crecimiento de la inmigración. Es así que en los últimos años la expansión ha sido absorbida en parte por localidades vecinas, como las cercanas Cajón y Labranza, creándose una estructura de centros urbanos con distintos niveles de gravitación (Dirección de planificación, Municipalidad de Temuco).

Estos factores han influido en un desplazamiento de la vivienda social hacia localizaciones distantes de la ciudad, situación que ha hecho crecer a Labranza y Cajón.

Zonificación urbana

La **Figura 16**, distingue dos tipos de áreas urbanas: la de amortiguación, que separa la actividad silvoagropecuaria y forestal de las zonas de usos urbanos y los barrios, que contienen las zonas consolidadas y de expansión. La zona urbana que se propone es de 12.553 Há, incluyendo Labranza y la zona de amortiguación.



Figura 16: Plano de la ciudad, dirección de planificación, Municipalidad de Temuco

Número de construcciones (INE)

Para determinar un caso de estudio, se analizó el universo de viviendas construidas en los últimos años, en primera instancia en la región, acotando este estudio a la ciudad de Temuco.

Tabla 10: Cantidad de construcciones autorizadas, INE. Elaboración propia

EDIFICACIÓN AUTORIZADA, SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO, OBRAS NUEVAS IX REGIÓN DE ARAUCANÍA							
EDIFICACIÓN AUTORIZADA - ARAUCANÍA				TEMUCO			
AÑO	TOTAL M ²	VIVIENDAS M ²	%	AÑO	TOTAL M ²	VIVIENDAS M ²	%
2000	477.982	316.456					
2001	421.827	310.910					
2002	516.930	372.581					
2003	572.113	390.286					
2004	519.989	386.289					
2005	636.910	456.031					
2006	651.545	470.489					
2007	459.122	346.023					
2008	360.585	262.516					
2009	375.079	286.974					
2010	642.433	395.894					
2011	839.390	606.307					
2012	642.674	368.217					
2013	824.723	576.066					
2014	714.440	541.675					
2015	963.885	767.234	79,6	2015	322.376	278.855	86,5
2016	673.026	422.895	62,8	2016	249.315	135.858	54,5
2017	875.714	624.633	71,3	2017	291.214	221.150	75,9

Materialidad de las construcciones (INE)

De las variables más relevantes, considerando el buen desempeño de una vivienda y su envolvente térmica son los materiales de los cuales está compuesta. En la siguiente tabla se demuestra la predominancia de las materialidades en la región y en la ciudad.

Tabla 11: Materialidad de construcciones, INE. Elaboración propia

ARAUCANÍA									
	ACERO	HORMIGÓN ARMADO	ALBAÑILERÍA EN BLOQUE U BLOQUE DE CEMENTO	MADERA	ADOBE	PERFILES METÁLICOS	ESTRUCTURAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	OTROS	SIN INFORMACIÓN
2016	1.042	11.721	42.160	167.388	791	813	224	655	1.198

TEMUCO									
	ACERO	HORMIGÓN ARMADO	ALBAÑILERÍA EN BLOQUE U BLOQUE DE CEMENTO	MADERA	ADOBE	PERFILES METÁLICOS	ESTRUCTURAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	OTROS	SIN INFORMACIÓN
2016	202	9.325	26.944	44.859	1	600	0	146	21

Las viviendas sociales no se consideran en este estudio, por posibles modificaciones de la vivienda tipo asociadas al factor económico.

Teniendo los datos del número de viviendas y el supuesto de la materialidad de las casas, no es suficiente para poder analizar con mayor precisión un tipo de vivienda, por lo que se especificó la búsqueda a construcciones actuales en la ciudad. Lo que destaca son las construcciones de las inmobiliarias, construcciones en masa de repetición de un modelo específico. Con este nuevo plan se analiza la inmobiliaria con más construcciones locales, SOCOVESA.

Construcciones Inmobiliarias

La inmobiliaria SOCOVESA publica cada año sus proyectos en una memoria detallando ubicación, número y tipo de unidades. (<http://www.empresassocovesa.cl/memoria2017>)

Tabla 12: Socovesa, proyectos en ejecución al 31 de diciembre de 2017

PROYECTOS EN DESARROLLO	TIPO	CIUDAD	UNIDADES TOTALES	PRECIOS	PLAZO DE DESARROLLO
Edificios Alcalá	Deptos	Temuco	108	UF 4000 a UF 6000	2012-2021
Altos del Maipo	Casas	Temuco	1131	UF 3000 a UF 3700	2012-2024
Valle de Asturias	Casas	Temuco	411	UF 1970 a UF 2660	2009-2017
Hacienda Santa María de Labranza	Casas	Temuco	2833	UF 1000 a UF 1400	2009-2035
Mirador de la Frontera	Casas	Temuco	206	UF 4000 a UF 9000	2010-2024
Altos de Mirasur	Casas	Temuco	296	UF 4700 a UF 5600	2008-2023
Jardín Prado	Deptos	Temuco	608	UF 1400 a UF 1900	2012-2026

Se destaca el número de viviendas que se planifica construir en la Hacienda Santa María de Labranza, las cuales en un período de 26 años conservarán su prototipo (**Tabla 12**).

5.2 Clima de Temuco: presente y futuro

Clima

Es el comportamiento del conjunto de los valores promedio de las variables atmosféricas que caracterizan una región, durante un periodo de tiempo prolongado (P. Aceituno, 2007)

Parámetros y factores del Clima

Las condiciones climáticas que caracterizan el lugar a intervenir se resume en los que llamamos parámetros fundamentales, desde el punto de vista de la adecuación del edificio a su clima (H. Granados, 2006)

- Temperatura
- Humedad
- Radiación solar
- Vientos

Se le suman otros fenómenos relacionados, factores climáticos; precipitaciones, niebla y las sequías.

Categoría Wladimir Koppen

El clima de la ciudad de Temuco está bajo la categorización climática de Wladimir Köppen a fines del siglo XX, en donde basándose en dos elementos climáticos, la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible logra establecer distintos tipos de climas. (R. Rioseco, C. Tesser: Cartografía de los climas de Chile)

W. Köppen distingue cinco grupos climáticos principales, definidos por umbrales térmicos y de precipitación, que corresponden, a las grandes formaciones de vegetación. Estos climas son designados con las primeras letras del alfabeto, escritas en mayúscula: A, B, C, D y E. Junto a la primera clasificación le siguen distintos subgrupos de letras según; comportamientos de lluvias y comportamiento térmico anual (**Anexo B**).

Tabla 13: Climas de Chile según sistema de Köppen Fuente: Rioseco et. al.,2007)

Cálido	Tropical	Afa	Tropical lluvioso
	Áridos	BWk	Arido o desertico normal
		BWk'	Arido muy frio
		BWn	Arido con nublados abundantes
	SECOS	Semiaridos	BSks
BSk's			Semiarido muy frio con lluvias invernales
BSn			Semiarido con nublados abundantes
TEMPLADOS	Lluvias en invierno	Csb	Templado cálido con lluvias invernales
		Csbn	Templado cálido con lluvias invernales y gran nubosidad
		Csbn's	Templado cálido con lluvias invernales y gran humedad
		Csc	Templado frío con lluvias invernales
	Lluvias todo el año	Cfb	Templado lluvioso cálido sin estación seca
		Cfbs	Templado lluvioso cálido con influencia mediterránea
		Cfc	Templado lluvioso frío sin estación seca
FRÍOS	Tundra	Cfcs	Templado lluvioso frío con influencia mediterránea
		ET	Frío de tundra
		Eti	Frío de tundra isotérmico
	Hielo	ETH	Frío de tundra por altura
		EF	Frío de hielo polar
		EFH	Frío de hielo por altura

Temuco se encuentra en la clasificación de Köppen dentro de la zona Cfb “Templado lluvioso cálido sin estación seca” (Tabla 13).

-Cfb

C: La temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C. De lluvias estacionales y lluvias todo el año.

f: Características pluviométricas: Carece de una estación seca. El monto de precipitación del mes más lluvioso está comprendido entre tres y diez veces la precipitación del mes más seco.

b: Características térmicas: La temperatura media del mes más cálido es inferior a los 22° C y, al menos, cuatro meses, con temperaturas medias que superan los 10° C.

Norma Chilena NCh1079

La Norma Chilena NCh1079 Of 79 “Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico” establece una zonificación climática desde el

punto de vista habitacional, con el objetivo de facilitar un adecuado diseño arquitectónico (Instituto Nacional de Normalización, 1979)

Considera 9 zonas de Chile continental:

- Norte Litoral (NL)
- Norte Desértica (ND)
- Norte Valle Transversal (NVT)
- Central Litoral (CL)
- Central Interior (CI)
- Sur Litoral (SL)
- Sur Interior (SI) (Figura 17)**
- Sur extremo (SE)
- Andina (An)

Dentro de esta clasificación, Temuco se encuentra en la zonificación de Sur Interior:

Sur Interior (SI)

Es una zona lluviosa y fría con frecuentes heladas, precipitaciones distribuidas durante todo el año y una estación relativamente seca que no supera en todo caso los tres a cuatro meses. Los periodos calurosos son cortos (cuatro a cinco meses) y con insolación moderada. Las temperaturas registran una media de 8°C el mes más frío y de 15°C el mes más cálido (**Tabla 14**). Los numerosos lagos y ríos en la región generan microclimas asociados a ellos. El ambiente y suelo son húmedos y los vientos sur y suroeste (Zonificación Climático Habitacional para Chile, NCh 1079 Of 79).

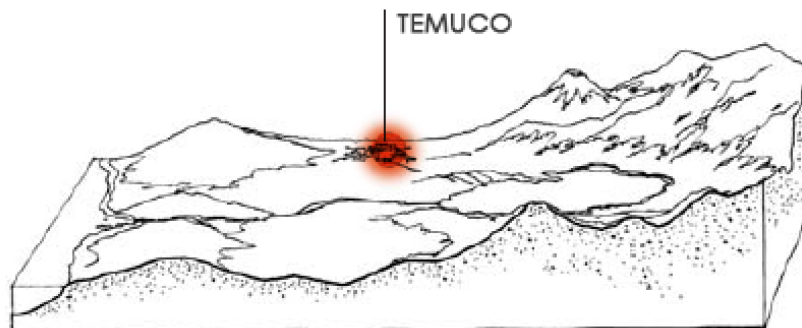


Figura 17: Relieve transversal en latitud 38° (Temuco)

Tabla 14: Parámetros climáticos, Dirección Meteorológica de Chile (2001)

Parámetros climáticos promedio de Temuco													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	42.0	38.6	34.8	29.2	22.1	19.8	20.0	22.0	25.6	30.0	32.3	36.0	42.0
Temp. máx. media (°C)	23.4	23.8	21.7	17.8	14.3	11.6	11.3	12.8	14.9	17.0	19.0	21.5	17.4
Temp. media (°C)	16.7	16.5	14.5	11.8	10.0	7.9	7.4	8.2	9.5	11.3	13.1	15.2	11.8
Temp. mín. media (°C)	9.6	9.2	8.0	6.4	6.2	4.7	4.0	4.1	4.7	5.9	7.4	8.9	6.6
Temp. mín. abs. (°C)	1.0	0.9	-0.2	-3.5	-5.0	-5.7	-8.1	-6.7	-3.8	-2.2	0.2	0.4	-8.1
Precipitación total (mm)	39.9	40.2	48.3	90.1	185.8	209.0	173.1	131.4	101.1	83.9	58.2	51.2	1212.2
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	6	6	8	12	18	19	18	17	15	12	10	8	149
Horas de sol	303.8	265.6	226.3	147.0	111.6	75.0	89.9	124.0	171.0	179.8	210.0	272.8	2176.8
Humedad relativa (%)	71	72	77	82	86	87	86	84	80	79	77	74	79.6

Teniendo el clima de la ciudad en estudio, más la herramienta del IPCC CCWorldWeatherGen, se obtienen los climas a futuro estimados para la ciudad. Los escenarios son los preestablecidos para los años 2020, 2050 y 2080.

CCWorldWeatherGen climate change weather file generator V1.9

[manual](#)

For transforming EPW weather files into climate change TMY2/EPW files. (Acknowledgements & disclaimer of warranties below)

Specify the HadCM3 data file path:

Summary of combined HadCM3 A2 ensemble climate change predictions for the selected weather site

No scenario selected

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Daily mean temperature	TEMP (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum temperature	TMAX (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minimum temperature	TMIN (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Horizontal solar irradiation	DSWF W/m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total cloud cover	TCLW % points	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total precipitation rate	PREC %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Relative humidity	RHUM % points	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mean sea level pressure	MSLP hpa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wind speed*	WIND %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

EPW weather file selection

(1) Please specify the EPW file you want to transform

Select EPW File for Morphing

Current EPW baseline weather file for morphing:

No weather file selected Latitude: 0.00 N
 Longitude: 0.00 E
 Elevation: 0 m

HadCM3 scenario timeframe selection

(2) Please select a HadCM3 A2 scenario ensemble timeframe

2020's 2050's 2080's

Closest four HadCM3 96x73 grid points to

	Latitude:	Longitude:
No weather file selected	A 0.00 N	0.00 E
	B 0.00 N	0.00 E
	C 0.00 N	0.00 E
No scenario selected	D 0.00 N	0.00 E

EPW weather file morphing

(3) Click button to start morphing procedure

Start Morphing Procedure

Current morphed EPW weather file:

No morphed weather file

EPW/TMY2 weather file generation

(4) Click the appropriate button for EPW / TMY2 file generation

Generate Climate Change EPW Weather File

Generate Climate Change TMY2 Weather File

To create a TMY2 file of the original EPW file click the button below:

Figura 18: Interfase del programa CCWorldWeatherGen

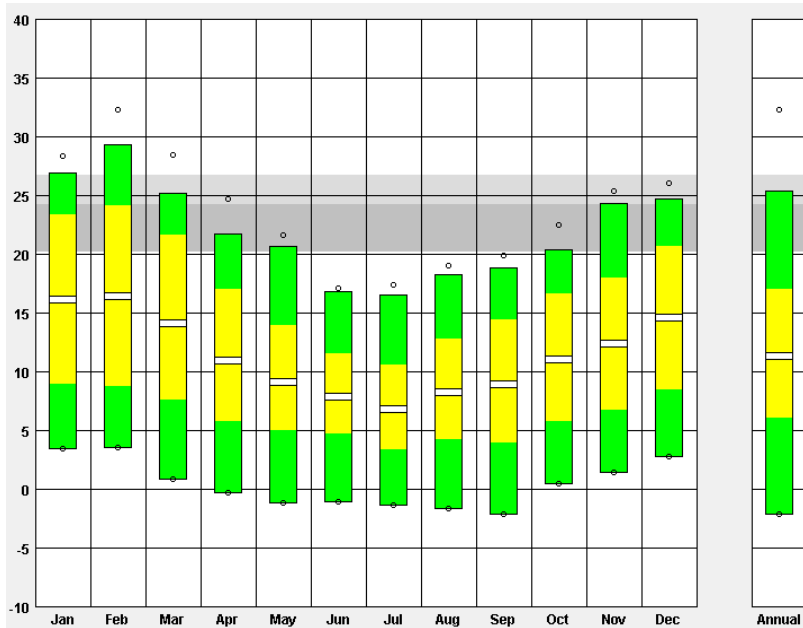
Los climas se generaron en Excel del programa CCWorldWeatherGen (**Figura 18**) y se utilizó Climate consultant v 6.0. para analizar con más detalle las temperaturas y características de cada escenario. En primera instancia se muestra el caso base 2005, y posteriormente los escenarios simulados.

Escenarios climático Temuco

-Escenario climático Temuco 2005

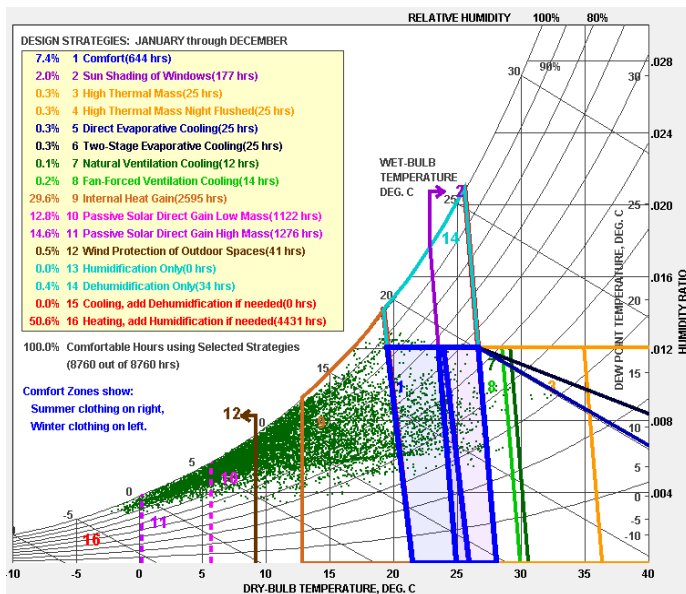
El escenario se encuentra simulado en el año 2005, utilizando datos históricos climáticos de Chile, según la región.

Gráfico 7: Temperaturas mensuales 2005, Climate Consultant 6.0



El promedio de las temperaturas anual de la ciudad de Temuco actualmente oscila, de 3°C hasta 26°C. La temperatura media redondea los 11°C, la temperatura peak alcanzada es de 33°C, que fue en febrero.

Gráfico 8: Área de confort en 2005, Climate Consultant 6.0



7.4% en confort
50.5% Necesidad de calefacción
0.0% Necesidad de refrigeración

*Recomendación del programa: maximizar ganancia solar en la fachada norte, mejorar la calidad de vidrios (DVH)

-Escenario climático Temuco 2020

Muestra una variación importante en las temperaturas en todo el año. Disminuyen las temperaturas mínimas y suben las máximas.

El promedio de las temperaturas anuales oscila entre un 3,5°C hasta un 26,5°C. La temperatura media del año es de 12°C, y la temperatura peak alcanza los 34°C correspondiente a febrero. **(Gráficos 9,10 y 11)**

-Escenario climático Temuco 2050

Se logra aumentar el tiempo en la zona de confort, en los meses más fríos, en cambio en los meses de verano la gráfica muestra un ascenso desde la franja de confort.

La demanda de calefacción es predominante en invierno, independiente del aumento de temperatura del clima, pues no se alcanza la zona de confort **(Gráfico 8, 9 y 10)**.

-Escenario climático Temuco 2080

Las temperaturas aumentan todos los meses, saliendo considerablemente de la zona de confort los meses de verano.

La barra del promedio anual se corre entre 1 y 1.5°C hacia arriba respecto al año 2050. El mes más caluroso sigue siendo febrero, con un peak de temperatura de 37°C. **(Gráficos 8, 9 y 10)**

Enfatizando lo que demuestran los gráficos, los cambios en la temperatura son concretos. El movimiento de las temperaturas mínimas en invierno permite estar dentro de la zona de confort un mayor tiempo. Incluso en verano se mantiene la misma perspectiva, aunque cuando se ven las temperaturas máximas aparece un nuevo problema, ya que cada año la temperatura peak se va superando, ocurriendo sobrecalentamientos más continuos.

Gráfico 9: Temperaturas promedio escenarios.

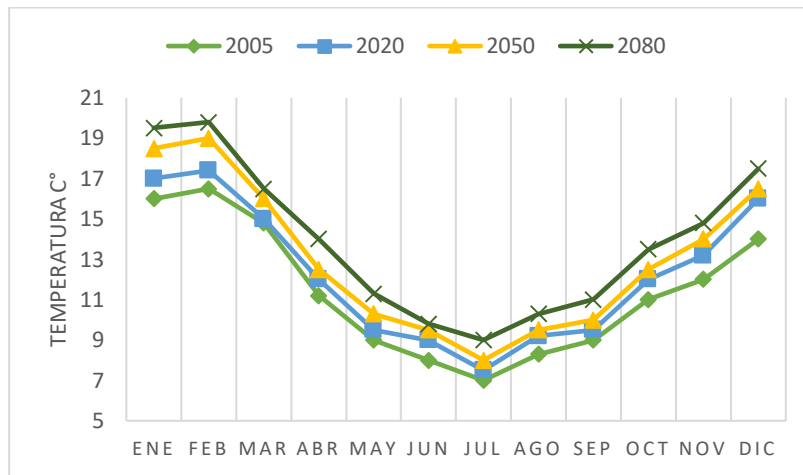


Gráfico 10: Temperaturas máximas promedio por escenario.

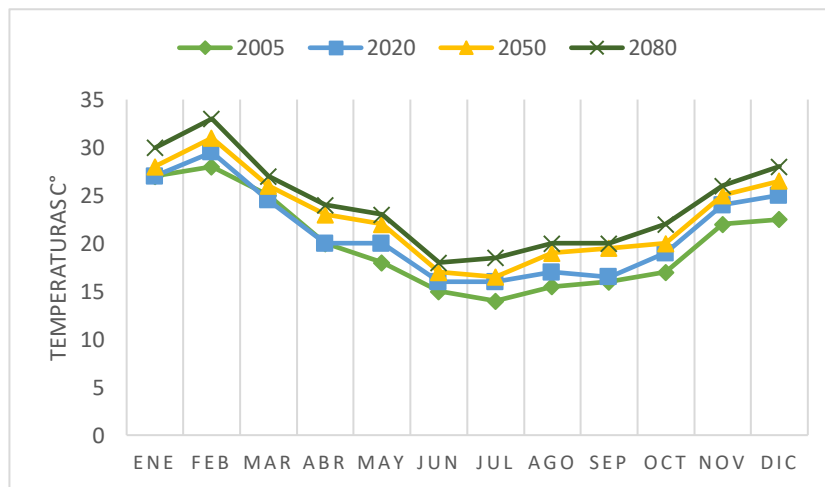
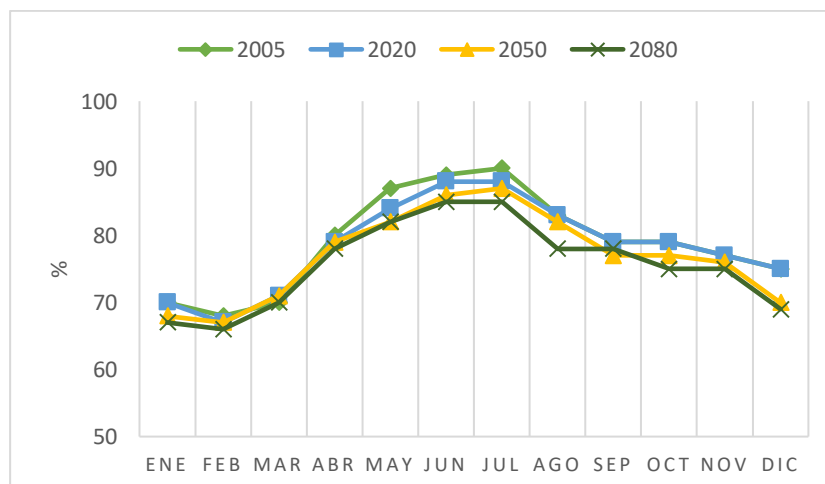


Gráfico 11: Humedad promedio por escenario.



5.3 Viviendas representativas

El estudio se realizará en la Hacienda Santa María de Labranza (**Figura 19**) donde se analizarán dos tipos de viviendas que ofrece la empresa (**Figura 20**). Se diferencian principalmente en el número de pisos y la materialidad del segundo nivel.



Figura 19: Ubicación del sector a analizar, Google Earth (2018)

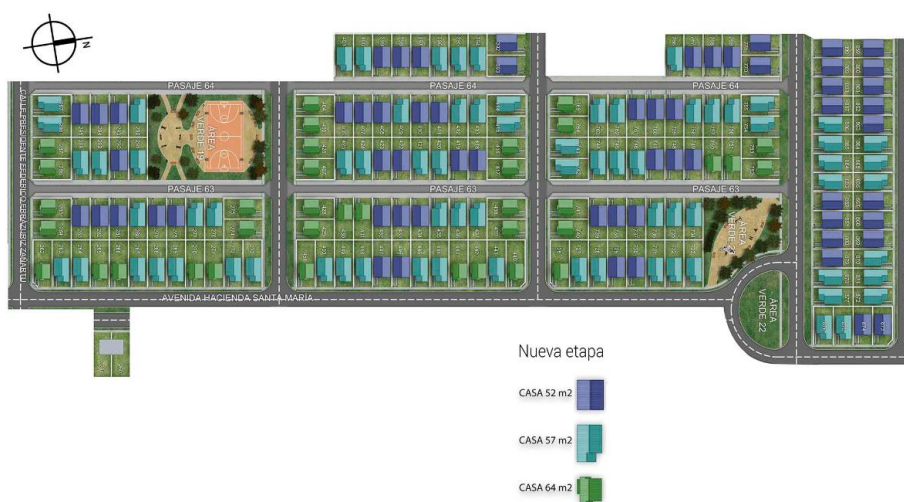


Figura 20: Plan maestro Hacienda Santa María de Labranza, SOCOVESA

5.3.1 Caso base A - Vivienda de 57 m2

El primer modelo a analizar es la vivienda de un piso de 57 m2, con un programa de; living-comedor, cocina, sala de estudio, baño y dos dormitorios (Figura 21). Un elemento interesante es el factor que posee una chiflonera. La materialidad de la vivienda es de ladrillo texturado de 29x14x10 (Figura 24), revestido con yeso-cartón y la tabiquería interior es de Metalcon.

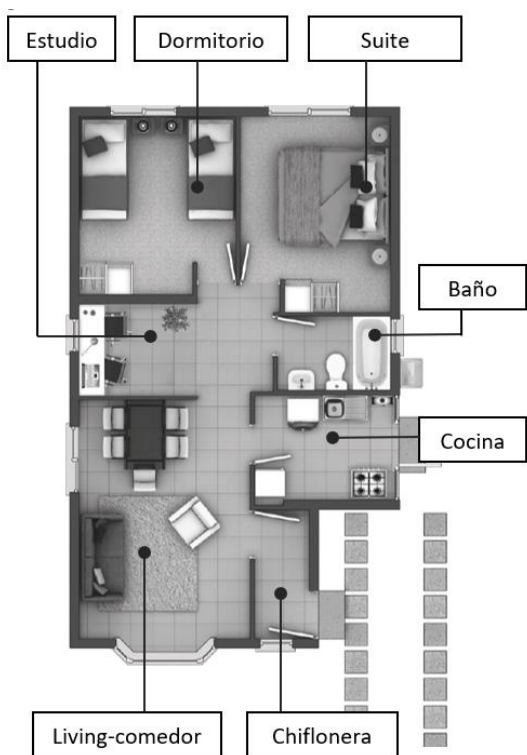


Figura 21: Planta de la vivienda 57m2

El radier posee una aislación de poliestireno expandido de espesor 5cm de densidad de 25kg/m3.

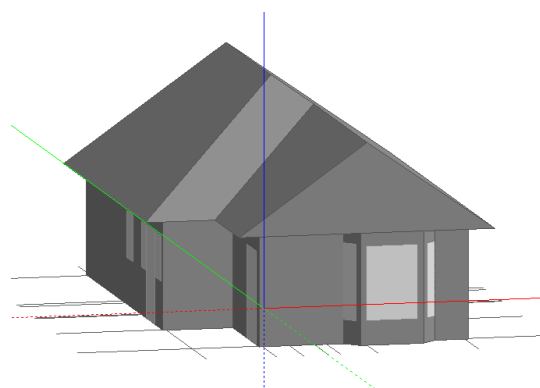


Figura 22: Modelo de la vivienda en Design Builder



Figura 23: Render de la vivienda tipo SOCOVESA

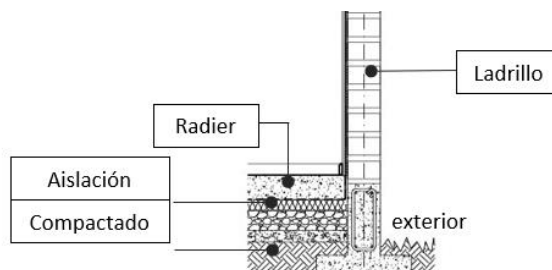


Figura 24:Detalle de construcción vivienda

Tabla 15: Condiciones de la simulación de Desing Builder

Condiciones de borde Vivienda 57 m ²			
Actividad	Uso vivienda	Horario semana	20:00 - 8:00 13:30 - 14:30
		Horario fin de semana	Todo el día
Iluminación	Uso vivienda	Horario semana	6:00 - 8:00 19:00 - 00:00
		Horario fin de semana	18:00 - 01:00
Densidad de ocupación	0,07		
Calendario ocupación	1/2 día		
Calefacción Setpoint T°	Heating	18,0 °C	
	Heating set back	12	
	Cooling	25	
	Cooling set back	28	
Confort	Adaptativo		
Infiltración	1 (ac/h)	On 24/7	

Tabla 16: Características de los materiales parte de la envolvente

Construcción			
Muros exteriores	Mortero	0,02	U: 1,2
	Ladrillo	0,14	
	Poliestireno	0,01	
	Yeso-cartón	0,013	
Cielo	Lana de vidrio	0,15	U: 0,26
	Yeso-cartón	0,01	
Muros interiores	Yeso-cartón	0,01	U: 2,5
	Metalcon	0,05	
	Yeso-cartón	0,01	
Piso	Alfombra	0,004	U: 0,62
	Radier	0,08	
	Polietileno	0,001	
	Poliestireno	0,05	
	Ripio compactado	0,13	
Ventanas	Vidrio simple	0,04	U: 5,8
	Marco aluminio	0,005	

Rangos de confort adaptativo que se consideran:

Tabla 17: Rangos de temperatura para estar en confort.

CONFORT ADAPTATIVO						
Cold	Cool	Slightly Cool	Confort	Slightly Warm	Warm	Hot
> - 17°C	17,5 - 20°C	20°C - 21°C	21°C- 25,5°C	25,5 - 26,5	26,5 - 27,5	27,5 - <

5.3.2 Caso base B – Vivienda de 57 m²

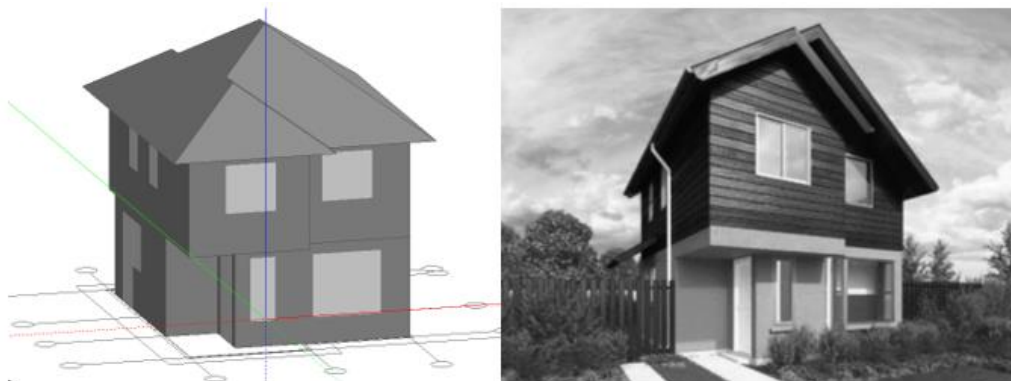


Figura 25: Vivienda tipo B, modelo de DB y render de la inmobiliaria

Dentro del mismo proyecto se encuentra la vivienda de 64 m² de dos pisos (principal diferencia con la anterior, como se muestra en la Figura 25). El programa consta de; living-comedor, cocina, dos baños, tres dormitorios y una chiflonera (Figura 26). La materialidad de la casa es de ladrillo en el primer piso y en el segundo nivel la estructura es de Metalcon revestido con tinglado de fibrocemento.

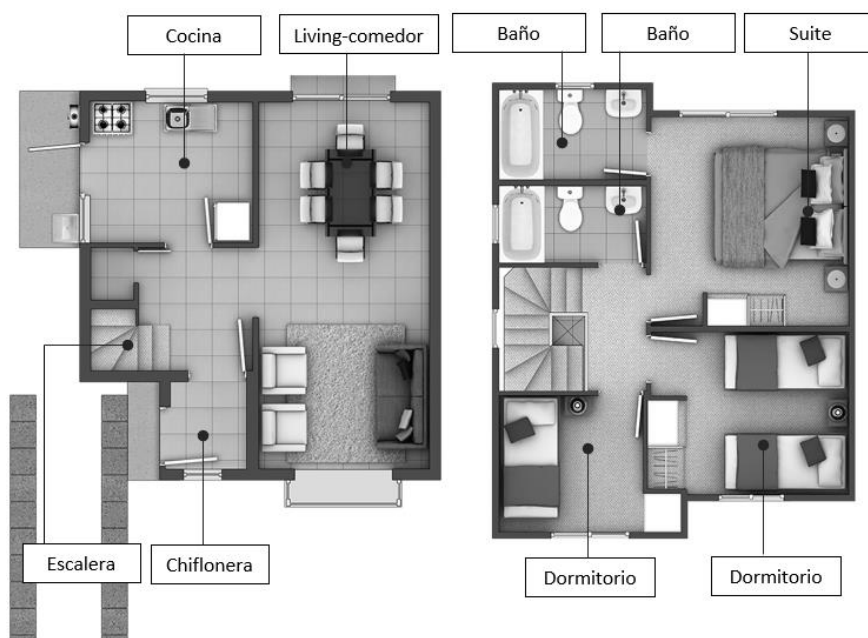


Figura 26: Plantas 1 y 2° nivel, vivienda de 64m2

Tabla 18: Condiciones de la simulación de Desing Builder

Condiciones de borde Vivienda 64 m²			
Actividad	Uso vivienda	Horario semana	20:00 - 8:00 13:30 - 14:30
		Horario fin de semana	Todo el día
Iluminación	Uso vivienda	Horario semana	6:00 - 8:00 19:00 - 00:00
		Horario fin de semana	18:00 - 01:00
Densidad de ocupación	0,07		
Calendario ocupación	1/2 día		
Calefacción Setpoint T°	Heating	18,0 °C	
	Heating set back	12 °C	
	Cooling	25 °C	
	Cooling set back	28 °C	
Confort	Adaptativo		
Infiltración	1 (ac/h)	On 24/7	

Tabla 19: Características de los materiales parte de la envolvente

Construcción			
Muros exteriores	Mortero	0,02	U: 1,2
	Ladrillo	0,14	
	Poliestireno	0,01	
	Yeso-cartón	0,013	
Cielo	Lana de vidrio	0,15	U: 0,26
	Yeso-cartón	0,01	
Muros interiores	Yeso-cartón	0,01	U: 2,5
	Metalcon	0,05	
	Yeso-cartón	0,01	
Piso	Alfombra	0,004	U: 0,62
	Radier	0,08	
	Polietileno	0,001	
	Poliestireno	0,05	
	Ripio compactado	0,13	
Losa	Hormigón	0,12	U: 2,25
	Alfombra	0,004	
Ventanas	Vidrio simple	0,04	U: 5,8
	Marco aluminio	0,005	

La **Tabla 20** muestra las superficies de ambas viviendas, diferenciado áreas de ventanas y aperturas en los tipos A y B.

Actualmente se construyen en mayor cantidad los tipos de viviendas como las descritas, siendo un prototipo recurrente de la inmobiliaria. Poseen similares características, materialidad y contexto. Para las simulaciones, la forma será un factor de este estudio.

Tabla 20: Superficies de las viviendas

	A	B
Superficie m ²	57	64
Superficie ventana m ²	6,2	11,5
Superficie apertura m ²	2,1	4,75
Volumen m ²	136,8	153,6

Capítulo 6. Evaluación de desempeño térmico y energético

Comparación de resultados parciales

Considerando las condiciones de borde, indicados en **Tabla 21** se simularon las viviendas tipo A y B para los distintos escenarios en el software Design Builder. Los resultados se compararon con el estándar CCSV para el análisis de la demanda energética de la vivienda proyectado en los años 2020 y 2050, que son aquellos comparables con el escenario A2.

Tabla 21: Condiciones de borde para simulación

	TIPO A	TIPO B
N° PLANTAS	1	2
SUPERFICIE PLANTAS	57 m ²	64 m ²
SUPERFICIE ACRISTALADA	8,00%	13,00%
COP	1	1
INFILTRACION	1 (ac/h)	1 (ac/h)
CARGA ILUMINACIÓN	16 W/m ²	16 W/m ²
CARGA OCUPACIÓN	0,07 W/m ²	0,07 W/m ²
HORARIO USO	L-V: 20:00 - 08:00	L-V: 20:00 - 08:00
	13:30 - 14:30	13:30 - 14:30
	S-D: Todo el día	S-D: Todo el día
CONSIGNA REFRIGERACIÓN	25 °C	25 °C
CONSIGNA CALEFACCIÓN	18 °C	18 °C

En **Tabla 22**, se comprueba que ningún modelo cumple con la demanda energética de refrigeración en el año 2020 y 2050. Para el caso de la vivienda tipo B en el año 2050 no cumpliría con la demanda de calefacción que exige el estándar y a la vez, se enfatiza que el año 2080 la demanda de refrigeración correspondería al 50% menos respecto a la demanda de calefacción del mismo año.

Tabla 22: Resultados de simulación caso BASE

CASO BASE 57					CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	38,5	kW/h m ²	1,3	kW/h m ²	-					
2020	29,6	kW/h m ²	3,7	kW/h m ²	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	26	kW/h m ²	5,5	kW/h m ²	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	20,4	kW/h m ²	9,7	kW/h m ²	-					
CASO BASE 64					CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	45,4	kW/h m ²	1,9	kW/h m ²	-					
2020	35	kW/h m ²	5,3	kW/h m ²	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	30,6	kW/h m ²	7,4	kW/h m ²	30	kW/h m ²	X	0	kW/h m ²	X
2080	23,9	kW/h m ²	12,6	kW/h m ²	-					

En **Tabla 23**, el porcentaje de confort va en aumento a través de los escenarios demostrando el alza de temperaturas mínimas y máximas al interior de la vivienda.

La temperatura mínima entre el escenario actual proyectado al 2080 aumenta en 1°C y la temperatura máxima a 2°C.

Tabla 23: Caso BASE. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	%
Tipo A	BASE	2005	11,4	06-jul	19,5	27,3	22-feb	41,19
		2020	11,7	06-jul	20,2	28,3	22-feb	49,54
		2050	12	06-jul	20,5	28,7	22-feb	52,6
		2080	12,4	06-jul	21	29,4	22-feb	57,21
Tipo B	BASE	2005	11,7	06-jul	19,7	28,5	22-feb	44,33
		2020	12	06-jul	20,5	29,6	22-feb	51,8
		2050	12,3	06-jul	20,8	30	22-feb	54,3
		2080	12,7	06-jul	21,4	30,8	22-feb	59,4

Frente a estos resultados y considerando que los estándares no contemplan la demanda de refrigeración de las viviendas se plantean estrategias de mejoramiento pasivas para la disminución de la demanda de refrigeración, sin excluir la demanda de calefacción.

6.1 Estrategias de mejoramiento

En **Tabla 23** los resultados indican un alza en la demanda de refrigeración. Para disminuir esta demanda se proponen diferentes estrategias de mejoramiento pasivas.

Desde el análisis del estado del arte en comparación con los resultados parciales se definieron tres estrategias:

-Estrategia de mejoramiento N°1 (M1)

Ambos casos poseen ventanas de vidrio simple, se modificará a ventanas de doble vidrio hermético (DVH) para disminuir la pérdida de calor a través de las ventanas en relación a la demanda de calefacción y a su vez controlar el ingreso de calor en épocas estivales, disminuyendo la demanda de refrigeración. (**Figura 27**)

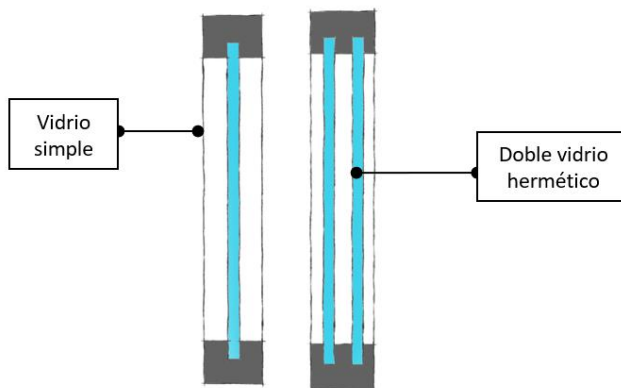


Figura 27: Izquierda ventana original, derecha: Doble vidrio hermético.

-Estrategia de mejoramiento N°2 (M2)

La aislación térmica de los muros de las viviendas es de 10 mm, con un valor de transmitancia térmica elevado ($1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$) en comparación al estándar NTM11. Por otro lado, el cielo de ambos casos está dentro de los estándares.

Según lo anterior, se aumentará la aislación térmica en muros exteriores a 100 mm quedando un valor de transmitancia térmica de $0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$ que está dentro del límite (Complejo muro: $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) recomendado por la NTM11 (**Figura 28**).

Es recomendable una baja transmitancia térmica en muros, si es de albañilería, debe agregarse aislante térmico, como mínimo 60mm. (W. Bustamante, 2007).

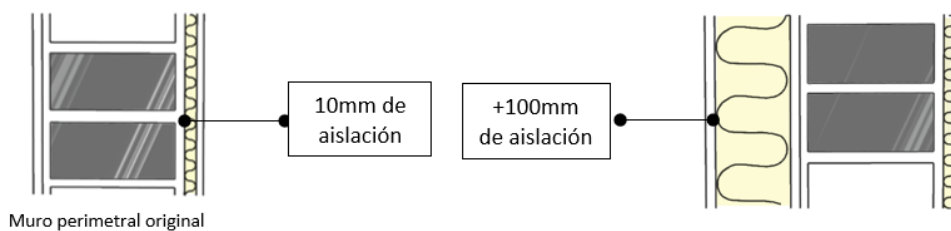


Figura 28: Aumento en la aislación de muros

-Estrategia de mejoramiento N°3 (M3)

Desde el estado del arte se indica que ventilar la techumbre permite controlar el ingreso de calor a la vivienda que, comparándolo con los resultados parciales de la Tabla 23 es considerable el aumento de la demanda de refrigeración.

Ambos casos poseen 140 mm de aislación en el cielo, cumpliendo con el estándar NTM11.

Para la disminución de la demanda de refrigeración se considera agregar en la techumbre dos rejillas, las cuales se implementaron de 35cm² cada una ubicándolas en lados opuestos de la techumbre para mejorar la circulación de aire. (Figura 29).

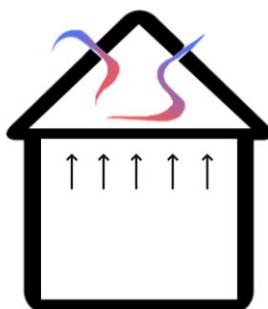


Figura 29: Ventilación en la techumbre para ventilación

Las estrategias de mejoramiento se aplicarán a los casos de estudio por si solas para la evaluación independiente de éstas, considerando la influencia en la demanda energética y el confort térmico.

6.2 Resultados de las estrategias de mejoramiento

los resultados de la **Tabla 24** indican que existe una disminución del 11% en tipo A en la demanda de calefacción en comparación con el caso base y un 15% en tipo B. Respecto de la demanda de refrigeración del tipo A en el escenario actual, la demanda disminuye un 31%. En el escenario 2080 disminuye un 19% declarando que la estrategia de mejora pierde su efectividad a través de los años.

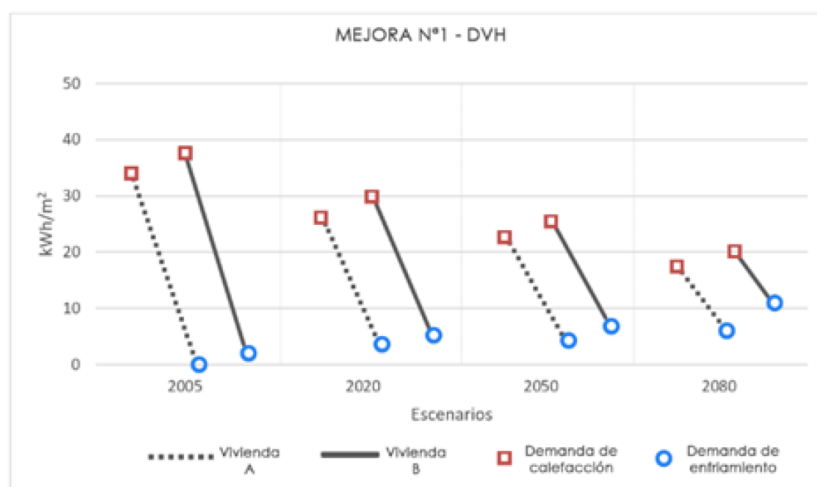
Tabla 24: Resultados de simulación estrategia M1

MEJORA N°1											
A - Vivienda 57					CCSV - Zona F						
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	34,4	kW/h m ²	0,9	kW/h m ²	42,09%	-					
2020	26,6	kW/h m ²	2,9	kW/h m ²	50,22%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	23,3	kW/h m ²	4,3	kW/h m ²	53,45%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	18,2	kW/h m ²	7,9	kW/h m ²	58,40%	-					
B - Vivienda 64					CCSV - Zona F						
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	38,7	kW/h m ²	1,8	kW/h m ²	46,59%	-					
2020	29,9	kW/h m ²	4,9	kW/h m ²	54,10%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	26,1	kW/h m ²	7,0	kW/h m ²	56,70%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	20,3	kW/h m ²	11,9	kW/h m ²	61,38%	-					

En comparación con el estándar, la aplicación de la estrategia M1 en el escenario 2050 cumple con el requerimiento del CCSV para la demanda de calefacción.

En **Gráfico 12**, se expresan los resultados para cada escenario considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la estrategia M1.

Gráfico 12: Demandas estrategia M1



Con la aplicación de la estrategia M1, de acuerdo a lo que determina la **Tabla 25** la temperatura máxima interior para los distintos escenarios disminuyó 1°C, aumentando el porcentaje de confort en un 1%; esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 25: Estrategia M1. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort %
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	
Tipo A	MEJORA 1	2005	11,7	06-jul	19,5	26,6	22-feb	42
		2020	12,1	06-jul	20,2	27,5	22-feb	50,22
		2050	12,3	06-jul	20,5	27,9	22-feb	53,45
		2080	12,7	06-jul	21,3	28,5	22-feb	58,4
Tipo B	MEJORA 1	2005	12,2	06-jul	19,9	27,8	22-feb	46,5
		2020	12,5	06-jul	20,6	28,8	22-feb	54,1
		2050	12,7	06-jul	20,9	29,1	22-feb	56,7
		2080	13,1	06-jul	21,4	29,8	22-feb	61,3

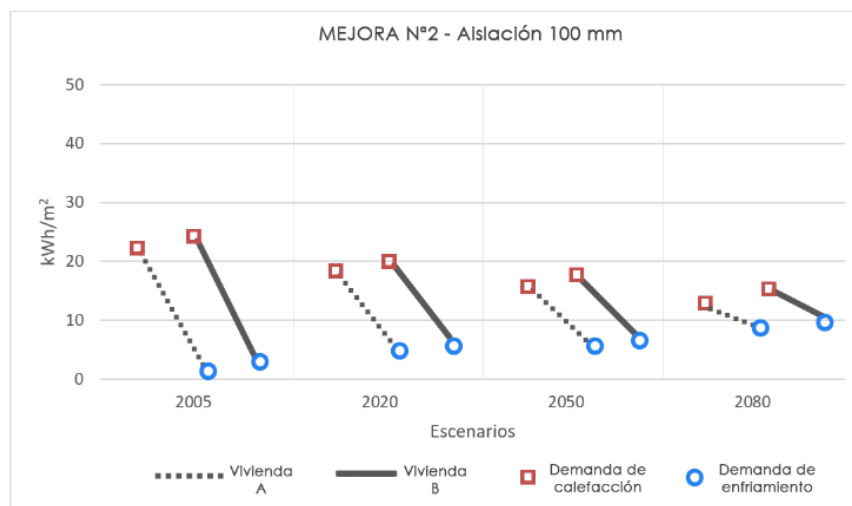
En **tabla 26** los resultados muestran para la estrategia M2 que, en ambos casos el aumento de la aislación afecta principalmente a la demanda de calefacción en los escenarios, disminuyendo en un 42%. En la demanda de refrigeración para el tipo A se observa un aumento del 38% y para el tipo B de un 16% en el escenario actual.

Tabla 26: Resultados de simulación estrategia M2

MEJORA N°2											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	22,5	kW/h m ²	1,8	kW/h m ²	56,38%	-					
2020	18,0	kW/h m ²	4,1	kW/h m ²	62,53%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	15,8	kW/h m ²	5,7	kW/h m ²	65,37%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	12,4	kW/h m ²	9,2	kW/h m ²	70,47%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	24,1	kW/h m ²	2,2	kW/h m ²	66,67%	-					
2020	20,7	kW/h m ²	4,6	kW/h m ²	69,06%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	18,0	kW/h m ²	6,1	kW/h m ²	71,51%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	14,1	kW/h m ²	9,7	kW/h m ²	74,45%	-					

En **Gráfico 13**, se expresan los resultados para cada escenario considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la estrategia M2.

Gráfico 13: Demandas estrategia M2



Con la aplicación de la estrategia M2, de acuerdo a lo que determina la **Tabla 27** la temperatura máxima interior para los distintos escenarios se mantiene, a diferencia de la temperatura mínima

interior que tiene un alza entre 1°C y 2°C aumentando el porcentaje de confort en un 36% para el escenario actual y un 22% en el año 2080. Esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 27: Estrategia M2. Confort y variación de temperaturas

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	%
Tipo A	MEJORA 2	2005	12,8	06-jul	20,6	27,4	22-feb	56,3
		2020	13,2	06-jul	21,2	28,2	22-feb	62,5
		2050	13,4	06-jul	21,4	28,5	22-feb	65,3
		2080	13,8	06-jul	21,9	29	22-feb	70,4
Tipo B	MEJORA 2	2005	13,8	06-jul	21,3	28,1	22-feb	66,7
		2020	13,7	06-jul	21,7	29,3	22-feb	69
		2050	13,9	06-jul	22	29,7	22-feb	71,5
		2080	14,3	06-jul	22,5	30,3	22-feb	74,4

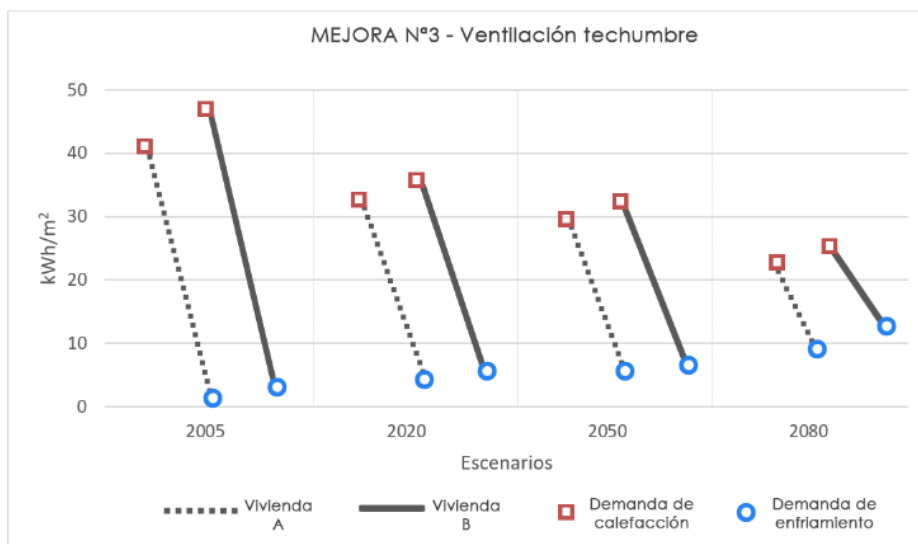
En **Tabla 28** se observa que, la aplicación de la estrategia M3 genera un aumento en la demanda de calefacción en todos los escenarios de ambos casos. La demanda de refrigeración en el tipo A disminuye un 15% en el escenario actual y 5% en el 2080. En el tipo B para el último escenario la demanda de refrigeración disminuye un 2%

Tabla 28: Resultados de simulación estrategia M3

MEJORA N°3											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	42,8	kW/h m²	1,1	kW/h m²	40,08%	-					
2020	33,3	kW/h m²	3,4	kW/h m²	48,62%	135	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2050	29,3	kW/h m²	5,1	kW/h m²	51,67%	30	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2080	23,1	kW/h m²	9,2	kW/h m²	56,58%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	47,5	kW/h m²	1,9	kW/h m²	43,57%	-					
2020	36,8	kW/h m²	5,3	kW/h m²	51,23%	135	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2050	32,2	kW/h m²	7,6	kW/h m²	53,74%	30	kW/h m²	X	0	kW/h m²	X
2080	25,2	kW/h m²	12,9	kW/h m²	58,97%	-					

En **Gráfico 14**, se expresan los resultados para cada escenario considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la estrategia M3.

Gráfico 14: Demandas estrategia M3



Con la aplicación de la estrategia M3, según se demuestra en **Tabla 29**, la temperatura máxima interior para los distintos escenarios se mantuvo, a diferencia de la temperatura mínima interior que disminuyó en aproximadamente 1°C. Como consecuencia, el porcentaje de confort se redujo entre un 1% - 2%; esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 29: Estrategia M3. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort %
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	
Tipo A	MEJORA 3	2005	11,2	06-jul	19,4	27,2	22-feb	40
		2020	11,6	06-jul	20,1	28,3	22-feb	48,6
		2050	11,9	06-jul	20,4	28,6	22-feb	51,6
		2080	12,2	06-jul	20,9	29,3	22-feb	56,5
Tipo B	MEJORA 3	2005	11,7	06-jul	19,7	28,5	22-feb	43,5
		2020	12	06-jul	20,4	29,5	22-feb	51,2
		2050	12,3	06-jul	20,7	29,9	22-feb	53,7
		2080	12,7	06-jul	21,3	30,6	22-feb	58,9

6.3 Combinación de estrategias de mejoramiento

Los resultados de las estrategias de mejoramiento muestran que aplicadas por si solas, a pesar de disminuir la demanda energética y aumentar el porcentaje de confort, éstas no cumplen con el límite establecido por la CCSV en demanda de refrigeración.

Se realizarán combinaciones de las estrategias de mejoramiento.

-Combinación Nº1: M1+M2

En **Tabla 30** se indica que la combinación de ambas mejoras disminuye un 50% la demanda de calefacción para el tipo A y en un 46% en tipo B.

La estrategia de mejora M1 contribuye en la disminución de la demanda de refrigeración y de calefacción en combinación con la estrategia M2.

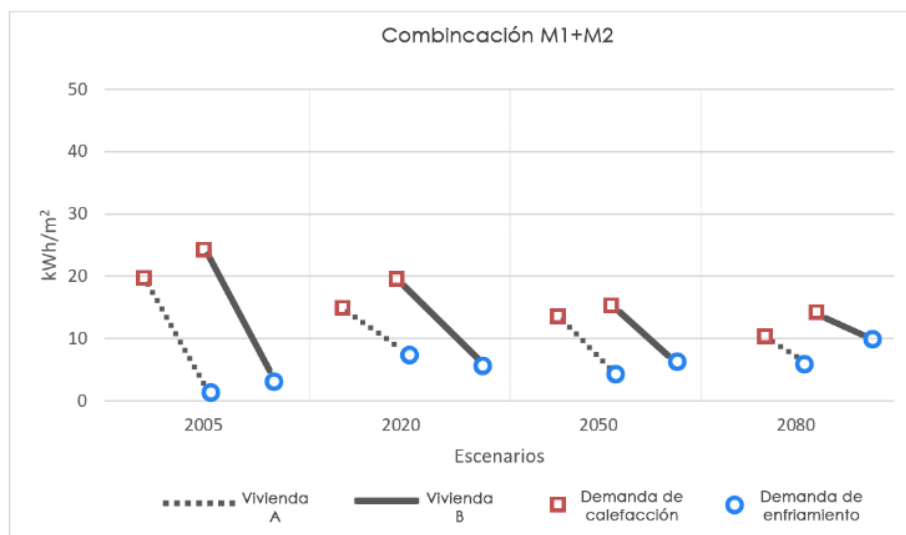
Tabla 30: Simulaciones M1+M2

M1 + M2											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	19,2	kW/h m ²	1,2	kW/h m ²	60,31%	-					
2020	15,6	kW/h m ²	2,9	kW/h m ²	67,40%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	13,6	kW/h m ²	4,1	kW/h m ²	70,53%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	10,7	kW/h m ²	6,9	kW/h m ²	76,91%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	24,1	kW/h m ²	2,2	kW/h m ²	66,67%	-					
2020	19,4	kW/h m ²	4,6	kW/h m ²	73,66%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	16,9	kW/h m ²	6,2	kW/h m ²	76,32%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	13,2	kW/h m ²	9,9	kW/h m ²	79,10%	-					

En caso tipo B existe un aumento en la demanda de refrigeración de un 16% en el escenario actual y un 21% en el 2080.

En **Gráfico 15**, se expresan los resultados para cada escenario, considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la combinación M1 + M2.

Gráfico 15: Demandas M1 + M2



La combinación de la estrategia M1+M2, indicado en **Tabla 31**, demuestra que la temperatura máxima interior y la temperatura mínima interior tienen un alza entre 1°C y 2°C aumentando el porcentaje de confort para los distintos escenarios; esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 31: Combinación M1 + M2. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	%
Tipo A	M1 + M2	2005	13,4	06-jul	20,8	26,5	22-feb	60,3
		2020	13,8	06-jul	21,3	27,2	22-feb	67,4
		2050	14,1	06-jul	21,6	27,5	22-feb	70,5
		2080	14,5	06-jul	22	27,9	22-feb	76,9
Tipo B	M1 + M2	2005	13,8	06-jul	21,4	28,2	22-feb	66,8
		2020	14,1	06-jul	21,9	28,9	22-feb	73,7
		2050	14,3	06-jul	22,2	29,2	22-feb	76,32
		2080	14,8	06-jul	22,6	29,8	22-feb	79,1

- Combinación N°2: M1+M3

En **Tabla 32** se indica que la combinación de ambas mejoras disminuye un 3% la demanda de calefacción para el tipo A y en un 23% en tipo B.

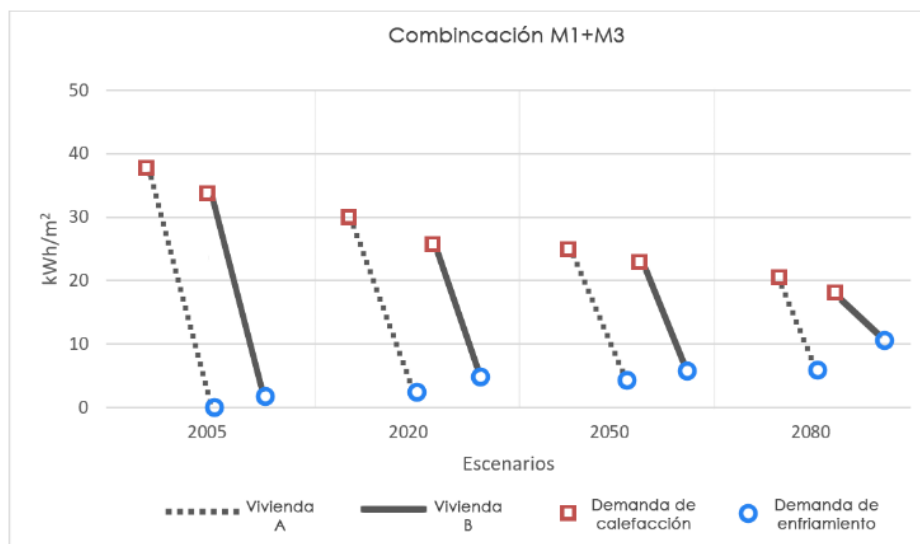
La estrategia de mejora M3 contribuye en la disminución de la demanda de refrigeración en combinación con la estrategia M1 en un 38% en el escenario actual de tipo A, y 11% para el tipo B

Tabla 32: Simulaciones M1+M3

M1 + M3											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	38,8	kW/h m ²	0,8	kW/h m ²	40,80%	-					
2020	30,3	kW/h m ²	2,6	kW/h m ²	49,10%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	26,7	kW/h m ²	4,0	kW/h m ²	52,35%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	21,0	kW/h m ²	7,5	kW/h m ²	57,79%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	34,8	kW/h m ²	1,7	kW/h m ²	50,17%	-					
2020	27,2	kW/h m ²	4,6	kW/h m ²	57,13%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	23,7	kW/h m ²	6,5	kW/h m ²	59,77%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	18,5	kW/h m ²	11,2	kW/h m ²	64,99%	-					

En **Gráfico 16**, se expresan los resultados para cada escenario considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la combinación M1 + M3.

Gráfico 16: Demandas de la M1 + M3 para viviendas A y B



En la combinación de las estrategias M1 + M3, según se demuestra en **Tabla 33**, la temperatura máxima interior y la temperatura mínima interior disminuyeron aproximadamente 1°C. Como consecuencia, el porcentaje de confort se redujo entre un 1% - 2%; esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 33: Combinación M1 + M3. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort %
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	
Tipo A	M1 + M3	2005	11,6	06-jul	19,4	26,5	22-feb	40,8
		2020	12	06-jul	20,1	27,5	22-feb	49,1
		2050	12,2	06-jul	20,4	27,8	22-feb	52,3
		2080	12,6	06-jul	20,9	28,5	22-feb	57,79
Tipo B	M1 + M3	2005	12,6	06-jul	20,1	27,6	22-feb	50,2
		2020	12,9	06-jul	20,8	28,5	22-feb	57,1
		2050	13,2	06-jul	21,1	28,8	22-feb	59,8
		2080	13,5	06-jul	21,6	29,4	22-feb	64,9

-Combinación N°3: M2+M3

En **Tabla 34** se indica que la combinación de ambas mejoras disminuye en un 30% la demanda de calefacción para el tipo A en escenario actual, y en un 37% aproximadamente en tipo B en todos los años.

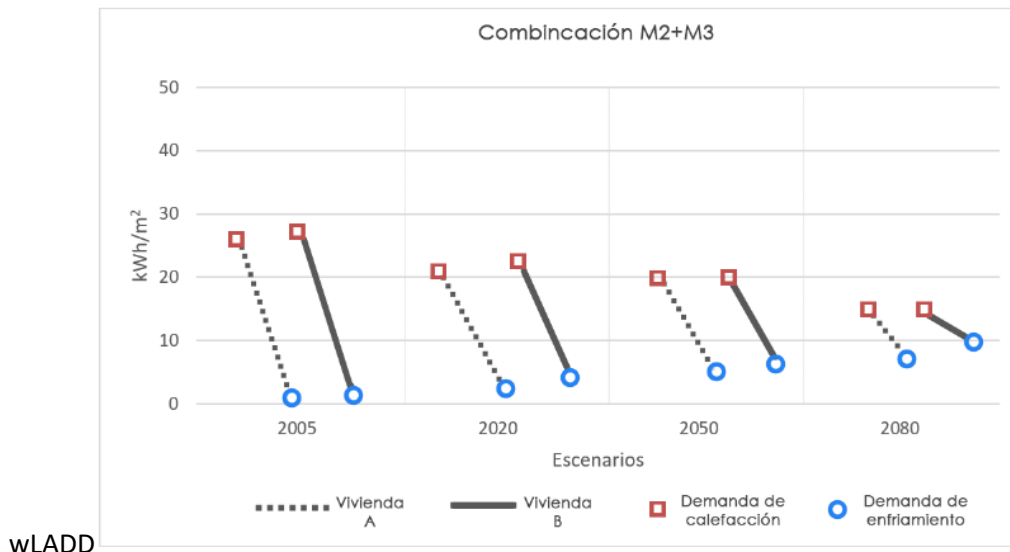
En el primer escenario para tipo A y B la demanda de refrigeración aumenta en 15% y 5% respectivamente. Desde el año 2020 en adelante, la estrategia de mejora M3 contribuye en la disminución de la demanda de refrigeración en combinación con la estrategia M2, en un 22% en tipo A y 11% en tipo B.

Tabla 34: Simulaciones M2+M3

M2 + M3											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	26,9	kW/h m²	1,5	kW/h m²	55,07%	-					
2020	21,7	kW/h m²	3,8	kW/h m²	61,15%	135	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2050	19,2	kW/h m²	5,0	kW/h m²	64,06%	30	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2080	15,2	kW/h m²	8,6	kW/h m²	69,11%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	27,8	kW/h m²	2,0	kW/h m²	64,34%	-					
2020	22,1	kW/h m²	4,5	kW/h m²	67,43%	135	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2050	19,3	kW/h m²	6,1	kW/h m²	70,26%	30	kW/h m²	√	0	kW/h m²	X
2080	15,1	kW/h m²	9,8	kW/h m²	73,97%	-					

En **Gráfico 17**, se expresan los resultados para cada escenario considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la combinación M2 + M3.

Gráfico 17: Demandas M2 + M3



En combinación de la estrategia M2 + M3, según lo que determina la **Tabla 35**, la temperatura máxima interior para los distintos escenarios se mantiene, a diferencia de la temperatura mínima interior que tiene un alza entre 1°C y 2°C, aumentando el porcentaje de confort en un 35% aproximadamente para el escenario actual y un 23% en el año 2080; esta condición se repite en ambos tipos.

Tabla 35: Combinación M2 + M3. Confort y variación de temperaturas.

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort %
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	
Tipo A	M2 + M3	2005	12,7	06-jul	20,5	27,3	22-feb	55
		2020	13	06-jul	21,1	28,1	22-feb	61,1
		2050	13,3	06-jul	21,3	28,4	22-feb	64
		2080	13,7	06-jul	21,8	29	22-feb	69,11
Tipo B	M2 + M3	2005	13,4	06-jul	20,9	28,3	22-feb	61,3
		2020	13,6	06-jul	21,6	29,2	22-feb	67,4
		2050	13,9	06-jul	21,8	29,5	22-feb	70,2
		2080	14,3	06-jul	22,4	30,2	22-feb	73,9

Combinación N°4: M1+M2+M3

En **Tabla 36** se indica que la combinación de todas las mejoras disminuye en un 35% la demanda de calefacción para el tipo A en escenario actual y en 50% aproximadamente en tipo B, proyectado a todos los años.

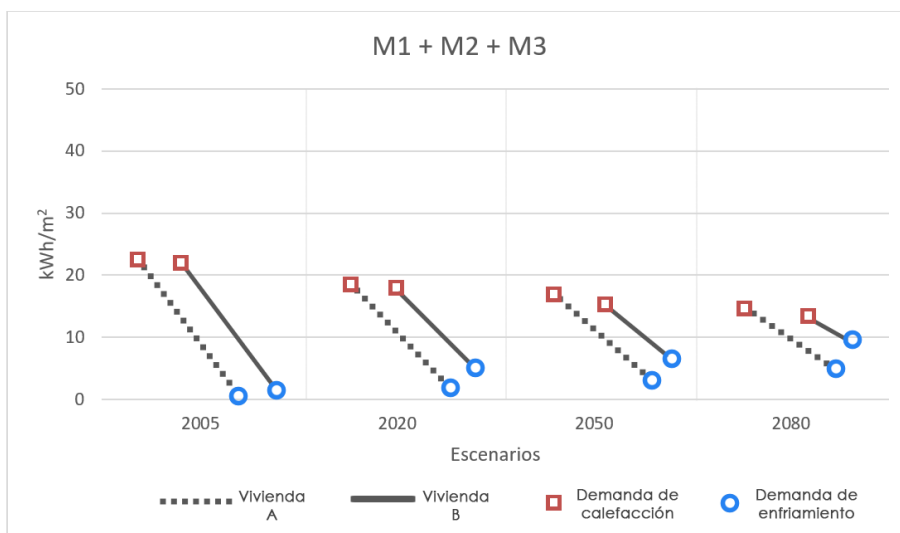
La estrategia de mejora M3 contribuye en la disminución de la demanda de refrigeración en combinación con la estrategia M1+M2 en un 23% en el escenario actual de tipo A, en tipo B la demanda se mantiene. En el año 2080 la demanda de refrigeración disminuye un 32% para tipo A y 22% tipo B.

Tabla 36: Simulaciones M1+M2+M3

M1 + M2 + M3											
A - Vivienda 57						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	23,6	kW/h m ²	1,0	kW/h m ²	58,60%	-					
2020	19,3	kW/h m ²	2,6	kW/h m ²	65,73%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	17,0	kW/h m ²	3,7	kW/h m ²	68,69%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	13,5	kW/h m ²	6,5	kW/h m ²	74,70%	-					
B - Vivienda 64						CCSV - Zona F					
Año	Calefacción		Refrigeración		Confort	Calefacción		Cumple	Refrigeración		Cumple
ACTUAL	22,2	kW/h m ²	1,9	kW/h m ²	69,39%	-					
2020	18,0	kW/h m ²	4,3	kW/h m ²	77,37%	135	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2050	15,7	kW/h m ²	6,0	kW/h m ²	80,37%	30	kW/h m ²	√	0	kW/h m ²	X
2080	12,3	kW/h m ²	9,8	kW/h m ²	83,65%	-					

En **Gráfico 18**, se expresan los resultados para cada escenario, considerando demanda de calefacción y enfriamiento con la aplicación de la combinación M1 + M2 + M3.

Gráfico 18: Demandas M1 + M2 + M3



La combinación de la estrategia M1 + M2 + M3, según lo que determina la **Tabla 37** demuestra que la temperatura máxima interior para los distintos escenarios disminuyó 1°C aproximadamente, a diferencia de la temperatura mínima interior que tiene un alza de 2°C , aumentando el porcentaje de confort en un 44% para el escenario actual del tipo A, 57% tipo B. En el año 2080 el confort aumenta en tipo A un 34% y, en tipo B 41%.

El caso tipo B, con la implementación de la estrategia combinada de M1 + M2 + M3 en el escenario 2080, tiene una temperatura mínima interior de 15°C y temperatura máxima interior de 28°C indicando un porcentaje de confort de 84%, siendo éste el más elevado de los resultados obtenidos en las simulaciones, según indica **Tabla 37**.

Tabla 37: Combinación M1 + M2 + M3 Confort y variación de temperaturas

TIPO	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort %
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	
Tipo A	M1 + M2 + M3	2005	13,3	06-jul	20,7	26,4	22-feb	58,6
		2020	13,6	06-jul	21,2	27,2	22-feb	65,7
		2050	13,9	06-jul	21,4	27,4	22-feb	68,6
		2080	14,3	06-jul	21,9	27,9	22-feb	74,7
Tipo B	M1 + M2 + M3	2005	14,3	06-jul	21,4	27,3	22-feb	69,4
		2020	14,6	06-jul	21,9	28	22-feb	77,37
		2050	14,9	06-jul	22,1	28,3	22-feb	80,37
		2080	15,3	06-jul	22,6	28,8	22-feb	83,6

6.4 Estrategias de adaptación

Se proponen estrategias de adaptación, acciones que se recomiendan para un mejor desempeño energético y térmico de cada vivienda en futuros escenarios climáticos.

Desde los resultados de las simulaciones de cada estrategia de mejoramiento y sus combinaciones, se definieron las más apropiadas en cada escenario.

-Vivienda tipo A

Las estrategias de mejoramiento a implementar según resultados se grafican en **Figura 30** indicando estrategias de adaptación en cada escenario.



Figura 30. Estrategias de adaptación vivienda tipo A

En **Tabla 38**, los resultados indican la demanda de calefacción y refrigeración que tiene la vivienda tipo A en cada escenario, considerando estrategias de adaptación definidas.

En el escenario actual, se implementará la estrategia de mejoramiento M1, adaptando la vivienda al cambio de ventanas de vidrio simple a doble vidrio hermético, disminuyendo la demanda energética y aumentando el confort.

En el año 2020 se complementa la vivienda con la incorporación de la estrategia de mejoramiento M2, incorporando aislación térmica de mayor espesor en los muros perimetrales. A pesar de que la demanda de refrigeración aumenta, la demanda de calefacción disminuye un 55%.

El alza de la temperatura mínima interior de la vivienda produce un aumento del confort térmico de 42,10% a 67,40%.

La aplicación de la estrategia M1+M2 se prolonga hasta el escenario 2080, considerando que, es la combinación que tiene mejor desempeño energético y térmico.

Tabla 38. Resultados demanda energética y desempeño térmico

CASO	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
BASE	38,5 kW/h m ²	1,3 kW/h m ²	41%
M1	ACTUAL		
	34,4 kW/h m ²	0,9 kW/h m ²	42,10%
M2 (M1+M2)	2020		
	15,6 kW/h m ²	2,9 kW/h m ²	67,40%
M1+M2	2050		
	13,6 kW/h m ²	4,1 kW/h m ²	70,53%
M1+M2	2080		
	10,7 kW/h m ²	6,9 kW/h m ²	76,91%

En la **figura 31** se indica para cada estrategia de adaptación por escenario la media de temperatura en invierno y verano, comparado con la temperatura exterior.

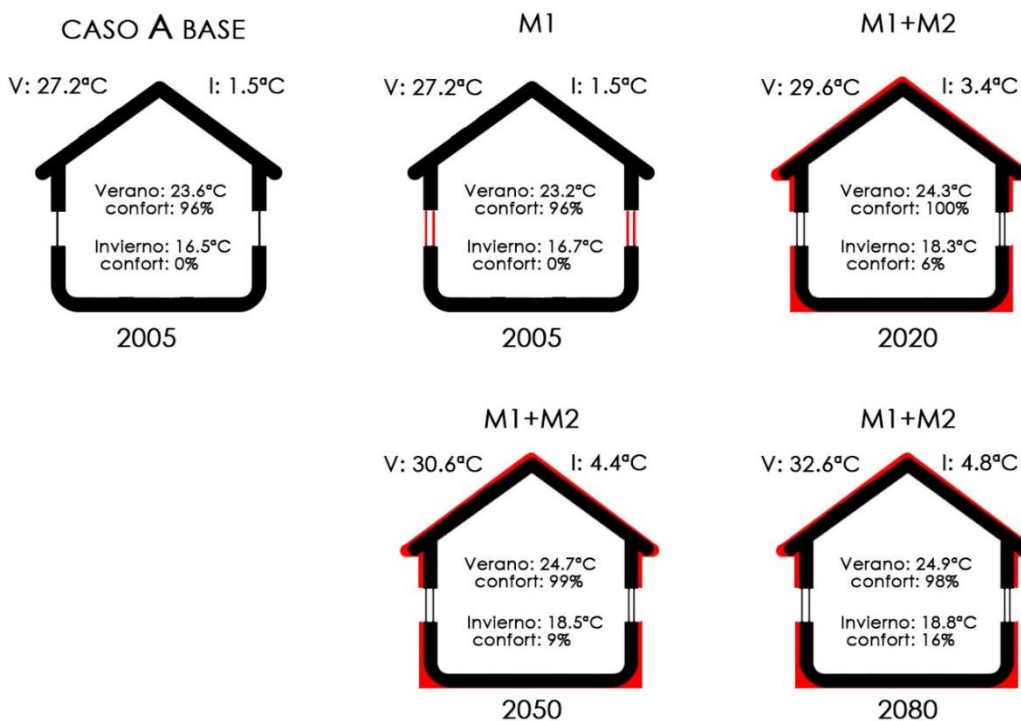


Figura 31: Estrategias de adaptación, temperatura y confort, casa tipo A (elaboración propia)

Tabla 39: Confort térmico caso base tipo A (elaboración propia)

TIPO A	BASE			
	2005	2020	2050	2080
ENERO	100%	100%	99%	96%
FEBRERO	96%	99%	98%	93%
MARZO	89%	97%	99%	99%
ABRIL	22%	43%	53%	71%
MAYO	4%	7%	10%	14%
JUNIO	0%	0%	1%	4%
JULIO	0%	0%	0%	1%
AGOSTO	1%	3%	4%	8%
SEPTIEMBRE	2%	13%	18%	26%
OCTUBRE	33%	54%	65%	80%
NOVIEMBRE	59%	83%	89%	97%
DICIEMBRE	92%	100%	100%	99%

La **tabla 39** muestra una comparación del confort en los escenarios del caso base de la vivienda A, donde existe un incremento del confort en el mes más frío (julio) en un 1% considerando que no hay mejoras implementadas, demostrando el aumento de la temperatura exterior. Por otro lado, en verano donde actualmente hay un 100% de confort, en los siguientes escenarios este valor va en disminución hasta llegar a un 96%, por posible sobrecalentamiento de la vivienda.

Tabla 40: Confort térmico en las distintas estrategias de adaptación para la vivienda tipo A (elaboración propia)

TIPO A	BASE	M1	M1 + M2		
	2005	2005	2020	2050	2080
ENERO	100%	100%	100%	100%	99%
FEBRERO	96%	96%	100%	99%	98%
MARZO	89%	92%	100%	100%	100%
ABRIL	22%	25%	86%	90%	96%
MAYO	4%	3%	27%	36%	58%
JUNIO	0%	0%	19%	25%	34%
JULIO	0%	0%	6%	9%	16%
AGOSTO	1%	1%	28%	35%	49%
SEPTIEMBRE	2%	2%	55%	62%	80%
OCTUBRE	33%	35%	92%	93%	96%
NOVIEMBRE	59%	61%	99%	99%	100%
DICIEMBRE	92%	93%	100%	100%	100%

TIPO A	BASE	M1	M1 + M2		
	2005	2005	2020	2050	2080
VERANO	78%	79%	98%	99%	99%
INVIERNO	5%	5%	37%	43%	55%

La **tabla 40** muestra el confort al interior de la vivienda tipo A en las estrategias de adaptación, comparándolas con el caso base, existe un incremento en todos los meses. En especial en la época

de invierno, donde en confort empieza en un 0% hasta llegar en un 16% con las mejoras planteadas y en verano se logra aumentar el confort de un 96% a 99%.

-Vivienda tipo B

Las estrategias de mejoramiento a implementar según resultados se grafican en **Figura 32** indicando estrategias de adaptación en cada escenario.

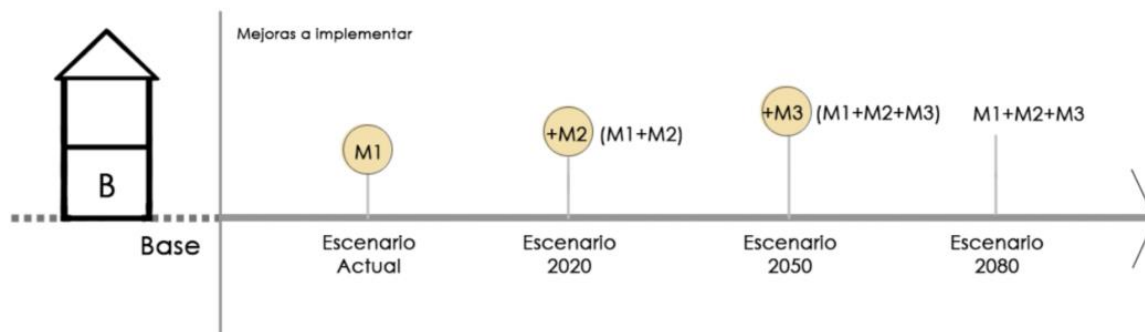


Figura 32: Estrategias de adaptación vivienda tipo B.

En **Tabla 41**, los resultados indican la demanda de calefacción y refrigeración que tiene la vivienda tipo B en cada escenario, considerando las estrategias de adaptación definidas.

En el escenario actual, se implementará la estrategia de mejoramiento M1, adaptando la vivienda al cambio de ventanas de vidrio simple a doble vidrio hermético disminuyendo la demanda energética y aumentando el confort.

En el año 2020 se complementa la vivienda con la incorporación de la estrategia de mejoramiento M2, incorporando aislación térmica de mayor espesor en los muros perimetrales. A pesar de que la demanda de refrigeración aumenta, la demanda de calefacción disminuye un 50%.

El alza de la temperatura mínima interior de la vivienda produce un aumento del confort térmico de 46,59% a 73,66%.

En el escenario 2050 se aplica la estrategia de mejoramiento M3, correspondiente a la incorporación de rejillas de ventilación en la techumbre. A pesar que la demanda de refrigeración aumenta, este valor es menor en comparación a los resultados obtenidos en las distintas combinaciones para este escenario.

La aplicación de la estrategia M1+M2+M3 se prolonga hasta el escenario 2080, considerando que,

es la combinación que tiene mejor desempeño energético y térmico, alcanzando un 83.65% de confort.

Tabla 41: Resultados demanda energética y desempeño térmico

CASO	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
BASE	45,4 kW/h m ²	1,9 kW/h m ²	44%
M1	ACTUAL		
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
	38,7 kW/h m ²	1,8 kW/h m ²	46,59%
M2 (M1+M2)	2020		
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
	19,4 kW/h m ²	4,6 kW/h m ²	73,66%
M3 (M1+M2+M3)	2050		
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
	15,7 kW/h m ²	6 kW/h m ²	80,37%
M1+M2+M3	2080		
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Confort
	12,3 kW/h m ²	9,8 kW/h m ²	83,65%

En la **figura 33** se indica para cada estrategia de adaptación por escenario la media de temperatura en invierno y verano, comparado con la temperatura exterior.

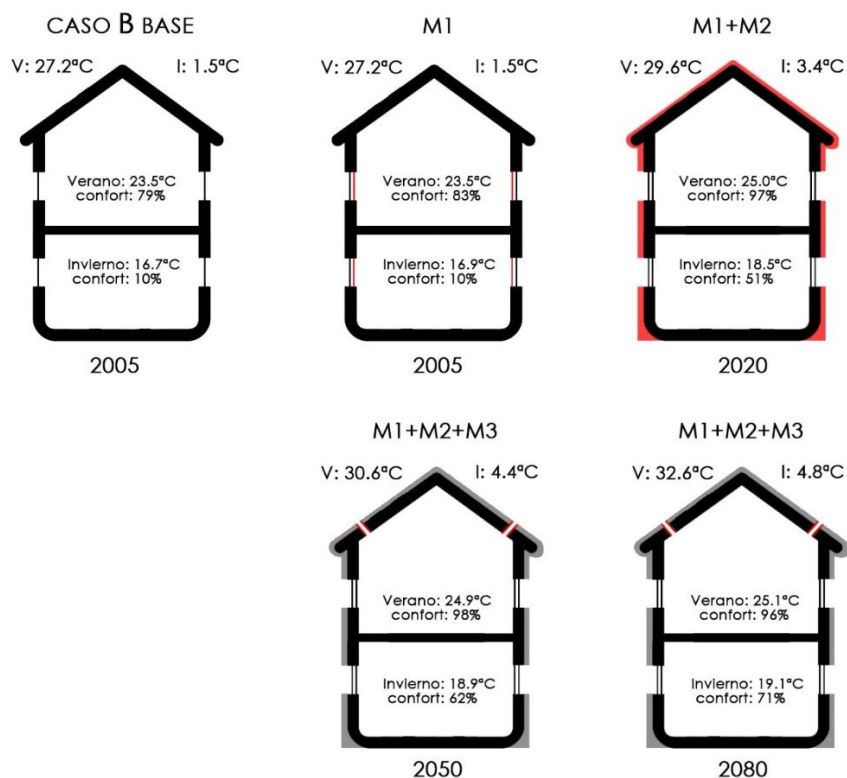


Figura 33: Estrategias de adaptación, temperatura y confort, casa tipo b. Elaboración propia.

Tabla 42: Confort térmico caso base tipo B (elaboración propia)

TIPO B	BASE			
	2005	2020	2050	2080
ENERO	99%	97%	94%	91%
FEBRERO	96%	92%	89%	84%
MARZO	92%	96%	97%	95%
ABRIL	34%	55%	63%	80%
MAYO	7%	11%	13%	19%
JUNIO	1%	3%	7%	14%
JULIO	2%	3%	5%	7%
AGOSTO	5%	9%	11%	21%
SEPTIEMBRE	9%	20%	24%	34%
OCTUBRE	37%	58%	67%	81%
NOVIEMBRE	61%	82%	87%	95%
DICIEMBRE	92%	98%	97%	93%

La **tabla 42** al igual que la **tabla 39**, muestra el cambio del confort al interior de la vivienda tipo B en los escenarios. A diferencia del caso anterior, esta vivienda tiene mayores diferencias en sus resultados, teniendo en verano un descenso del confort de un 99% a 91% y en invierno un aumento de este de un 2% a 7% en el 2080.

Tabla 43: Confort térmico en las distintas estrategias de adaptación para la vivienda tipo B (elaboración propia)

TIPO B	BASE	M1	M1 + M2	M1 + M2 + M3	
	2005	2005	2020	2050	2080
ENERO	99%	100%	98%	99%	96%
FEBRERO	96%	98%	90%	96%	91%
MARZO	92%	95%	99%	100%	97%
ABRIL	34%	40%	92%	96%	99%
MAYO	7%	8%	44%	63%	76%
JUNIO	1%	1%	30%	38%	44%
JULIO	2%	0%	16%	24%	33%
AGOSTO	5%	5%	50%	63%	75%
SEPTIEMBRE	9%	9%	74%	91%	99%
OCTUBRE	37%	43%	94%	97%	98%
NOVIEMBRE	61%	69%	100%	100%	100%
DICIEMBRE	92%	95%	99%	99%	96%

TIPO B	BASE	M1	M1 + M2	M1 + M2 + M3	
	2005	2005	2020	2050	2080
VERANO	79%	83%	97%	98%	96%
INVIERNO	10%	10%	51%	62%	71%

Con la implementación de las estrategias de mejoramiento en la vivienda tipo B, hay un aumento en el confort interior, especialmente en época de invierno, como se muestra en la **tabla 43**.

Conclusiones

Generales

Las simulaciones en los distintos escenarios (años) muestran que debido al clima en la ciudad de Temuco se generaría un aumento de las temperaturas y disminución de la humedad del aire.

La posibilidad de adelantarse a los efectos del cambio climático, permite establecer parámetros de adaptación en la vivienda, mejorando el desempeño energético y potenciando el confort interior en ellas, este efecto sería un factor positivo para las viviendas de la ciudad.

El aumento de la temperatura exterior se refleja en el comportamiento del espacio interior. En especial con el requerimiento de mayor demanda de refrigeración y disminución en la demanda de calefacción. Para contrarrestar el alza en la demanda de refrigeración se establecieron estrategias de mejoras, de las cuales algunas funcionan adecuadamente por sí solas y otras en combinación con las demás.

En ámbitos normativos, según exigencias establecidas en el Código de Construcción Sustentable para Viviendas en la demanda de refrigeración en la zona F, se comprueba que las viviendas en estudio, considerando estrategias de mejoras pasiva, no cumplen con la norma.

El uso de herramientas de predicción de climas futuros, permitió identificar el aumento de temperatura par así definir medidas de adaptación, mitigando los impactos negativos del efecto del cambio climático.

El confort se logra aumentar en ambas viviendas, debido al alza que generan las mejoras en las temperaturas mínimas interiores.

Normativas

La normativa Chilena no ha actualizado conceptos relacionados con los efectos del cambio climático, solo ha habido modificaciones en los estándares y tratados. El código de Construcción Sustentable de la Vivienda, si bien establece parámetros límites en exigencia de las demandas que debiesen tener las casas a determinados años, éstos no son alcanzables con modificaciones pasivas en viviendas actuales, construidas o en proyecto.

Escenarios

En términos generales lo ocurrido en los distintos escenarios fue similar, el aumento drástico de la demanda de refrigeración y la continua baja de la demanda de calefacción fue una constante que no diferenció tipo de vivienda ni año simulado. Pese a lo anterior, el confort térmico al interior de las viviendas siempre estuvo en alza, llegando a su peak el 2080. Es decir, el efecto del cambio climático sería un factor positivo para la sensación térmica del usuario al interior de la vivienda, considerando en épocas de verano el aumento de porcentaje de confort de 96% a 100% hacia el 2080 y en invierno en el mes más frío (Julio) de 0% a 16%.

Comparando el confort térmico del caso base (tipo A y B) para todos sus escenarios, con los resultados obtenidos de la aplicación de estrategias de mejoramiento, se identifica la relevancia de modificar elementos tales como tipo de vidrio o envolvente térmica, indicando un aumento en el porcentaje de confort tanto para invierno (mantenido el calor al interior) como para verano (controlando el ingreso de calor).

Analizando los casos base se demuestra en las viviendas actuales que, la demanda de refrigeración aumentaría en un 180% el año 2020 y en más de un 290% al 2050. Se deja en manifiesto la repercusión del alza en temperaturas exteriores. En términos de demanda de calefacción, (al igual que el confort) el cambio climático sería un factor positivo, ya que éste va en disminución con el transcurso de los años.

Estrategias de mejoramiento

Con todas las estrategias de mejoramiento aplicadas en las viviendas, se observó un cambio positivo en las demandas.

M1: Doble vidrio hermético

Como primera mejora, se modificaron en ambos casos las ventanas de vidrio simple a doble vidrio hermético lo que afectó directamente en la disminución de la demanda de refrigeración. En la vivienda de un piso -31% (caso A) y en el caso un B -5%. Se demuestra que la vivienda con menor disminución tiene un mayor porcentaje en ventanas y aperturas, esto quiere decir que independiente de la morfología de una vivienda es relevante el aumento de superficie de vanos y cuántos de éstos tienen apertura al exterior.

M2: Aislación en muros

Como segunda mejora, el aumento de la aislación térmica a 100 mm en los muros exteriores logró disminuir entre un 41 y 44 %, en la demanda de calefacción en ambos casos en el primer escenario, aumentando la demanda de refrigeración. Esto demuestra la gran capacidad que tiene la aislación para evitar pérdidas de calor.

Esta mejora trabajada individualmente logra que el confort esté por sobre el 70%, en especial el año 2080, considerando que, las temperaturas anuales subirían entre 1.5°C y 2°C.

M3: Ventilación techumbre

Como tercera mejora, se implementaron rejillas de ventilación en la techumbre, con el fin de disminuir el efecto de radiación sobre la cubierta y evitar posibles sobrecalentamientos. De las tres mejoras, es la menos eficiente para el clima de la ciudad, ya que aumenta la demanda de calefacción en comparación a su caso base en ambos tipos y, en todos los escenarios se demuestra que la ventilación en techumbre por sí sola no es eficiente.

Combinación de estrategias

Frente a todas las combinaciones que se realizaron la más eficiente es la que logra disminuir la demanda de refrigeración sin perjudicar la demanda de calefacción. Esto es, la combinación de las tres mejoras anteriores.

La peor combinación que inclusive produjo un aumento en la demanda es la combinación de M1 + M3, incluye la incorporación de vidrio hermético y ventilación en la techumbre, desempeñándose mejor en la vivienda tipo B, donde logra una disminución de un 23% en la demanda de calefacción y, en un 11% de refrigeración.

Estrategias de adaptación

La adaptación de una vivienda no se reduce a una sola estrategia de mejoramiento, ésta debe evaluar su desempeño energético y térmico, a través del tiempo.

Las estrategias de adaptación de ambas viviendas difieren en los últimos dos escenarios. Ambos casos tienen diferentes morfologías; se repiten las estrategias aplicadas en el escenario actual y 2020.

Como consecuencia del cambio climático, en el escenario 2080 los casos tipo A y B, se adaptaron de forma diferente debido al aumento de temperatura de la ciudad.

La implementación de la estrategia M3 en la vivienda tipo B, disminuye la demanda energética y aumenta el confort, considerando que la ventilación en la techumbre disminuye la temperatura máxima interior en 1°C.

En general, se puede concluir que, no todas las estrategias de mejora que se implementan son efectivas para todo tipo de vivienda; éstas no tienen que aislarse del contexto climático, deben adaptarse a él.

Futuras líneas de investigación

El estudio se puede complementar de diversas formas:

Emplear estrategias activas

Este trabajo está enfocado en estrategias pasivas, la incorporación de estrategias activas pudiese demostrar que, los parámetros recomendados por el CCSV en la demanda de refrigeración sean factibles de realizar, incluso disminuir aún más el requerimiento en la demanda de calefacción.

Factor económico

Complementar con análisis de costo las estrategias de mejora propuestas en este estudio. Considerando, que el factor económico es relevante en la toma de decisiones, ya sea en la aceptación o rechazo de la estrategia.

Estudio cualitativo

Complementar el estudio con un análisis cualitativo de las viviendas estudiadas en el clima actual. La percepción del usuario es fundamental, pues revelaría el nivel de confort interior de la vivienda.

Referencias bibliográficas

ACEITUNO, PATRICIO y otros. Meteorología interactiva. Departamento de Geofísica, Facultas de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, noviembre de 2007.

ASHRAE, 2010. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.

AYDIN, ORHAN. Determination of optimum air-layer thickness in double-pane windows. *Energy and Buildings*, 2000, vol. 32, no 3, p. 303-308.

BANIHASHEMI, S., GOLIZADEH, H., REZA HOSSEINI, M., & SHAKOURI, M. (2015). Climatic, parametric and non-parametric analysis of energy performance of double-glazed windows in different climates. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(2), 307–322. <https://doi.org/10.1016/J.IJSBE.2015.09.002>

BUSTAMANTE, WALDO y otros. Clima y vivienda, guía de diseño. Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, noviembre 2007

CLEVELAND, C. J., & MORRIS, C. G. *Dictionary of energy*. Elsevier. 2009.

EDENHOFER OTTMAR, PICHES-MADRUGA RAMÓN Y OTROS. IPCC, Quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático 2014. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, Universidad de Cambridge, 2014. ISBN 978-1107-05821-7.

EMPRESAS SOCOVESA, Memoria anual 2017 (en línea) [fecha consulta: 17 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.empresassocovesa.cl/inversionistas/memoria-anual/>

ERREBAI, F. B., DERRADJI, L., & AMARA, M. Thermal Behaviour of a Dwelling Heated by Different Heating Systems. *Energy Procedia*, 107, 144–149. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2016.12.153>

HARVEY, L., 2009. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs and examples. *Energy Effic.* 2 (2).

IDCHABANI, R., KHYAD, A., & EL GANAOUJ, M. (2017). Optimizing insulation thickness of external walls in cold region of Morocco based on life cycle cost analysis. *Energy Procedia*, 139, 117–121.

<https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.11.183>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), *Primera entrega de resultados definitivos, Censo 2017*. 19, Abril 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) *The future of cooling, Opportunities for energy-efficient air conditioning*, 2018. Pp 34-35.

ISAAC, M., & VAN VUUREN, D. P. *Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change*. (2008).

JADRIJEVIC MARITZA, SANTIS GLADYS Y OTROS., *Plan nacional de adaptación al cambio climático*, elaborado en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente. Diciembre 2014.

JENTSCH, M. BAHAV, A. Y JAMES, P., *Manual CCworldWeatherGen Climate change world weather file generator, version 1.9*. Universidad de Southampton, mayo 2017.

JENTSCH, M. F., BAHAI, A. S., & JAMES, P. A. B. *Climate change future proofing of buildings- Generation and assessment of building simulation weather files*. *Energy and Buildings*, 40(12), 2148–2168. (2008)

KAMENI NEMATCHOUA, M., RICCIARDI, P., REITER, S., & YVON, A. (2017). *A comparative study on optimum insulation thickness of walls and energy savings in equatorial and tropical climate*. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 170–182. <https://doi.org/10.1016/J.IJSBE.2017.02.001>

KARL, T. MELILLO, J. PETERSON, T. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-0-521-14407-0 paperback.

KOEPPEN, WILHELM [i.e. Köppen, Wladimir] *Climatología. Con un estudio de los climas de la tierra*. Versión directa de Pedro R. Hendrischs Pérez. Fondo de Cultura Económica. México. 1948

LAM, J.C. WAN, K.K.W. WONG, S.L. LAM, T.N.T. *Long-term trends heat stress and energy use implications in subtropical climates*. *Appl Energy* 2010.

LIU, M., HEISELBERG, P. K., LARSEN, O. K., MORTENSEN, L., & ROSE, J. (2017). *Investigation of Different Configurations of a Ventilated Window to Optimize Both Energy Efficiency and Thermal*

- Comfort. *Energy Procedia*, 132, 478–483. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.09.660>
- LIU, X., CHEN, Y., GE, H., FAZIO, P., & CHEN, G. (2015). Determination of Optimum Insulation Thickness of Exterior Wall with Moisture Transfer in Hot Summer and Cold Winter Zone of China. *Procedia Engineering*, 121, 1008–1015. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.09.072>
- MARTIN, C. CAMPILLO, G. MEIROVICH, H. NAVARRETE, J. *Mitigación y adaptación al cambio climático a través de la vivienda pública*. Banco Interamericano de Desarrollo, división de cambio climático y sostenibilidad. IDB-TN-593 (2013).
- METZ, Bert y otros. *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono Resumen para responsables de políticas Informe del Grupo de trabajo III del IPCC*, 2005.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Gobierno de Chile, 1–252. (2017)
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU) (2006) Artículo 4.1.10 O.G.U.C. Manual de aplicación reglamentación térmica. Chile. Propiedad intelectual N° 159179.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, *Informativo Estadístico de Edificación a septiembre 2017*, Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos Equipo de estadísticas, 2017.
- MUNICIPALIDAD DE TEMUCO, *Antecedentes históricos de la comuna de Temuco*. Unidad de Estudios y Estadística Comunal Departamento de Planificación Territorial, Dirección de Planificación, 2010.
- NICOL, F. HUMPHREYS, M. ROAF, S. *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice* Routledge, London (2012)
- NORMAS TÉCNICAS MINVU 011, Ministerio de Vivienda y Urbanismo. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional
- OBSERVATORIO HABITACIONAL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU), Mercado inmobiliario sin subsidio Balance año 2009, 2009.
- OMAR, A. I., VIRGONE, J., VERGNAULT, E., DAVID, D., & IDRIS, A. I. (2017). Energy Saving Potential with a Double-Skin Roof Ventilated by Natural Convection in Djibouti. *Energy Procedia*, 140, 361–373. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.11.149>

OSCAR, P., SMYLE, J., VEGETALES, V., & MUNDIAL, R. *La adaptación autónoma al cambio climático mediante el uso del sistema vetiver (n.d)*

OZEL, Meral. Effect of wall orientation on the optimum insulation thickness by using a dynamic method. *Applied Energy*, 2011, vol. 88, no 7, p. 2429-2435.

PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA TEMUCO Y PADRE LAS CASAS. Noviembre 2017.

RIOSECO, REINALDO Y TESSER, CLAUDIO: *Cartografía Interactiva de los climas de Chile [en línea]. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.* <www.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva> [05 de julio, 2018]

RODRIGUEZ, O. JAMES, S. La adaptación autónoma al cambio climático mediante el uso del sistema vetiver: una herramienta para la conservación del suelo y el desarrollo comunitario

SECRETARÍA EJECUTIVA DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE, DITEC MINVU. *Estándares de Construcción Sustentable para viviendas de Chile, tomo II, Categoría: Salud y bienestar.* Febrero 2018. ISBN: 978-956-9432-52-1

SHOURAV, M. S. A., SHAHID, S., SINGH, B., MOHSENIPOUR, M., CHUNG, E.-S., & WANG, X.-J. *Potential Impact of Climate Change on Residential Energy Consumption in Dhaka City. Environmental Modeling and Assessment.* 017-9571-5 (2017)

STOCKER, T. QIN, D. et al. *Cambio climático 2013 Bases físicas. Resumen para responsables de políticas, resumen técnico y preguntas frecuentes.* Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2013. ISBN 978-92-9169-338-2.

TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTANDARIZADOS CON PARÁMETOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT AMBIENTAL, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, según Zonas Geográficas del País y Según Tipologías de Edificios, versión 2, 2016.

TRUEBA, C. REMUZGO, L. JORDÁ, V. SARABIA, J. *Evolución de las emisiones de GEI a nivel mundial: análisis multidimensional de desigualdad y polarización.* Departamento de Economía, Universidad de Cantabria

VAN VUUREN, I. *Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change.* Energy Policy, 2009.

WANG, H. QUINGYAN, C. *Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States*. Energy and Buildings, volume 82, October 2014, pp 428-436.

YAU, Y. H., & HASBI, S. A Comprehensive Case Study of Climate Change Impacts on the Cooling Load in an Air-Conditioned Office Building in Malaysia. (2017) Energy Procedia, 143, 295–300.

YAU, Y.H. HASBI, S. A comprehensive case study of climate change impacts on the cooling load in an air-conditioned office building in Malaysia. 2017

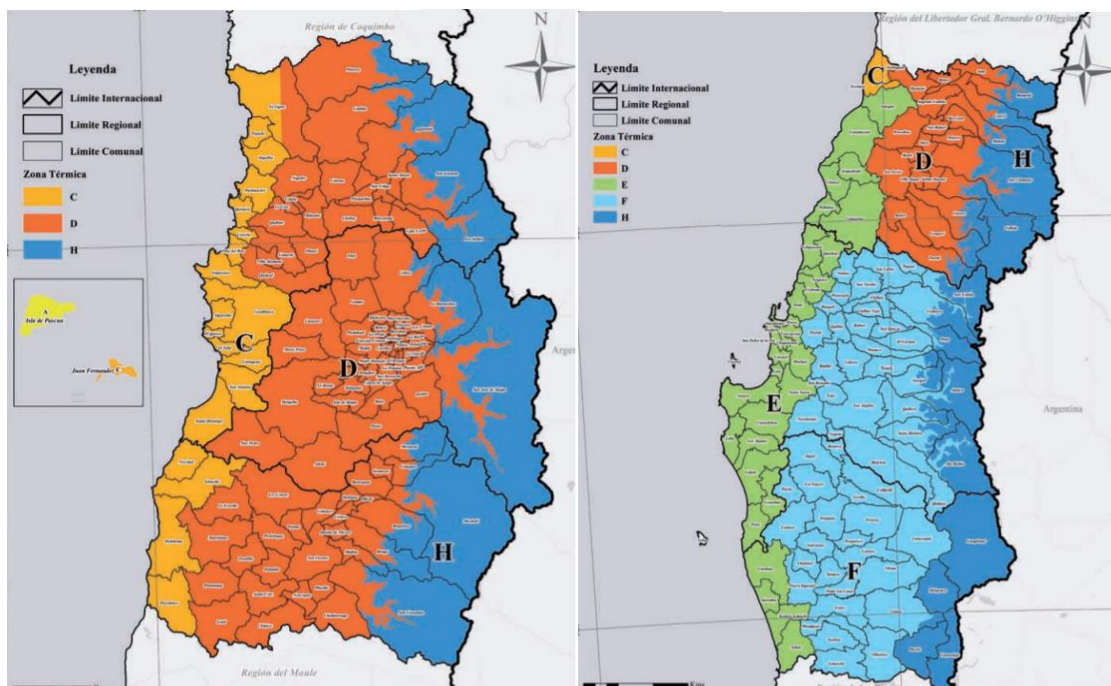
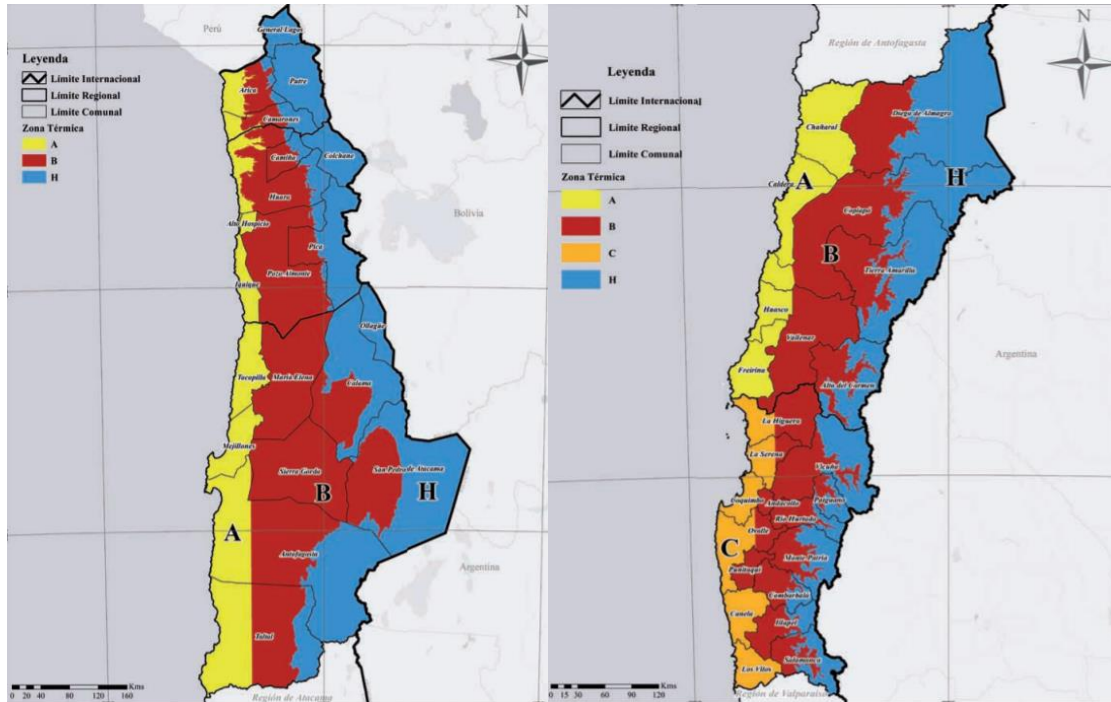
ZHANG, Y., HUANG, L., & ZHOU, Y. (2015). Analysis of Indoor Thermal Comfort of Test Model Building Installing Double-Glazed Window with Curtains Based on CFD. Procedia Engineering, 121, 1990–1997. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.197>

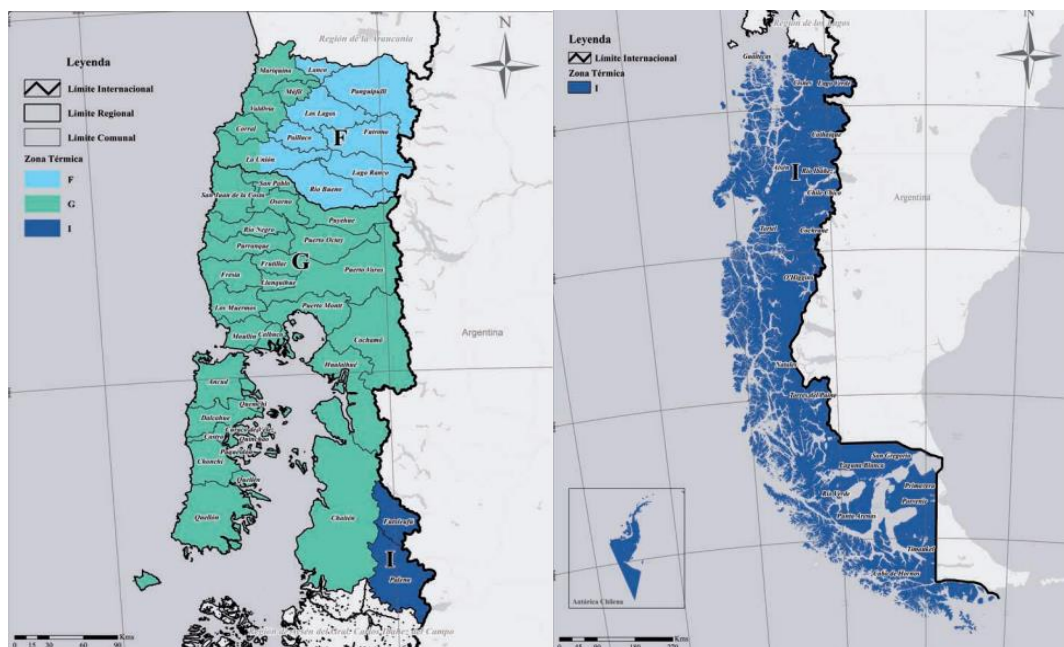
ZHU, D. TAO, S. WANG, R. SHEN, H. *Temporal and spatial trends of residential energy consumption and air pollutant emissions in China*. 2013. Applied Energy, 106(January), 17–24.

ANEXOS

ANEXO A

Zonificación de CCSV





Zona A (costera): Se extiende por el norte desde la comuna de Arica hasta la comuna de Freirina por el Sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste, el meridiano 70° y límites comunales (zona térmica B) al este.

Zona B (interior): Se extiende por el norte desde la comuna de Arica hasta las comunas de Illapel y Salamanca por el sur, incluidas éstas. Esta limitada por las zonas térmicas A y C por el oeste y por la zona térmica H al este.

Zona C (costera): Se extiende por el norte desde la comuna de La Higuera hasta la comuna de Paredones por el sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste y las zonas térmicas B y D al este.

Zona D (interior): Se extiende por el norte desde la comuna de Petorca hasta la comuna de Parral por el sur, incluida ésta. Esta limitada por las zonas térmicas C y E al oeste y por la zona térmica H al este.

Zona E (costera): Se extiende por el norte desde la comuna de Curepto hasta la comuna de Toltén por el sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Esta limitada por el océano pacífico al oeste y por las zonas térmicas D y F al este.

Zona F (interior): Se extiende por el norte desde la comuna de Niquén y San Fabián hasta Río Bueno por el sur, incluida ésta. Está limitada por la zona térmica E y G por el oeste y por las zonas térmicas H y Argentina al este.

Zona G (sur): Se extiende por el norte desde las comunas de Mariquina, San Pablo y Puyehue hasta las comunas de Quellón y Chaitén por el sur, ambas incluidas y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste y Argentina al este.

Zona H (cordillera de Los Andes): Se extiende por el norte desde la comuna de Arica y General Lagos hasta la comuna de Villarrica y Curarrehue por el sur, ambas incluidas. Esta limitada por las zonas térmicas B, D y F al oeste y Argentina al este.

Zona I (extremo sur): Se extiende por el norte desde las comunas de Guaitecas, Cisnes y Futaleufu hasta el territorio antártico chileno por el sur, incluido éste y las islas presentes en esta zona. Esta limitada por el océano pacífico al oeste y Argentina al este.

Anexo B

Clasificación climática según Wladimir Köppen

La primera letra o letra principal (Grupo climático)

W. Köppen distingue cinco grupos climáticos principales, definidos por umbrales térmicos y de precipitación, que corresponden, grosso modo, a las grandes formaciones de vegetación. Estos climas son designados con las primeras letras del alfabeto, escritas en mayúscula: A, B, C, D y E.

Letra	Umbral Térmico	Clima	Formación de vegetación
A	- Temperatura media mensual superior a 18°C.	- Cálidos: tropical lluvioso, sabana, monzón.	- Bosque ecuatorial o selva tropical, sabana
B	- La evaporación supera a la precipitación.	- Secos: áridos y semiáridos	- Desierto, estepa
C	- La temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C.	- Templados: de lluvias estacionales y lluvias todo el año.	- Bosque templado y matorral
D	- La temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C y la del mes más cálido es superior a 10°C.	- Boreales: de lluvias estacionales y lluvias todo el año.	- Bosque de coníferas

E	- En ningún mes la temperatura media supera los 10°C.	- Fríos: tundra y hielo.	- Tundra y ausencia de vegetación por presencia de hielo.
----------	---	--------------------------	---

También el sistema de clasificación hace uso de otras letras mayúsculas para indicar algunas particularidades climáticas. En este caso, la letra se localiza a continuación de la letra principal, como ocurre con los climas secos (B) que se subdividen en climas semiáridos (BS) y áridos (BW), o bien, para los climas fríos (E) que incluyen a los climas de tundra (ET) y a los de hielo (EF).

Condiciones para la segunda letra mayúscula

Grupo climático principal	Grupo climático secundario	Condición
B	BS (Steppe) Estepa oSemiárido	- Si hay llluvias en invierno, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior al doble del valor de la temperatura media anual. - Si hay llluvias en verano, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior al doble de la temperatura media anual más 28º C. - Si las llluvias son irregulares, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior al doble de la temperatura media anual más 14º C.
	BW (Wüste) Desierto oÁrido	- Si hay llluvias en invierno, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior a la temperatura media anual.

E		- Si hay llluvias en verano, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior a la temperatura media anual más 14º C.
		- Si las llluvias son irregulares, la precipitación anual, en centímetros, debe ser igual o inferior a la temperatura media anual más 7º C.
	ET (Tundre)Tundra	- La temperatura media del mes más cálido debe estar entre 0º C y 10º C.
	EF (Frost)Hielo	- La temperatura media del mes más cálido debe ser menor a 0º C.

Cuando la influencia de la altura del relieve es relevante, sobre los 3.000 m.s.n.m., en la caracterización del clima, se hace uso de la letra **H**, en primera, segunda o tercera posición, dependiendo de las particularidades de cada caso.

Segunda letra, en minúscula (particularidades pluviométricas)

Para caracterizar el comportamiento de las llluvias se hace uso de una letra minúscula que sigue a las letras mayúsculas. Estas letras específicamente hacen referencia a la estación seca: **f** (fehlt), ausencia de estación seca; **w** (winter), estación seca en invierno; **s** (sommer), estación seca en verano; **m** (monzón), estación seca determinada por los vientos monzónicos.

Grupo climático	Segunda letra	Características pluviométricas
A	f	- La precipitación del mes más seco es mayor a 60 mm.

BS	m	- La precipitación del mes más seco es menor a 60 mm e igual o superior a: 100 mm – (Precipitación media anual en mm/25)
	w	- La precipitación del mes más seco es menor a 60 mm y también inferior a: 100 mm – (Precipitación media anual en mm/25)
	s	- La precipitación de invierno (HS: de abril a septiembre, HN: de octubre a marzo) en centímetros igual o menor a dos veces la temperatura media anual en grados Celsius.
	w	- La precipitación de verano (HS: de octubre a marzo, HN: de abril a septiembre) en centímetros es igual o menor a dos veces la temperatura media anual en grados Celsius más 14º C.
	f	- La precipitación anual en centímetros es igual o menor a dos veces la temperatura media anual en grados Celsius más 7º C.
BW	s	- La precipitación de invierno (HS: de abril a septiembre, HN: de octubre a marzo) en centímetros es igual o menor a la temperatura media anual en grados Celsius.
	w	- La precipitación de verano (HS: de octubre a marzo, HN: de abril a septiembre) en centímetros es igual o menor a la temperatura media anual en grados Celsius más 14º C.
	f	- Precipitación anual en centímetros es igual o menor a la temperatura media anual en grados Celsius más 7º C.
C		

D	s	- La precipitación del mes más seco en verano es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso de invierno.
	w	- La precipitación del mes más lluvioso en verano es, a lo menos, diez veces mayor que la precipitación del mes más seco de invierno.
	f	- Carece de una estación seca. El monto de precipitación del mes más lluvioso está comprendido entre tres y diez veces la precipitación del mes más seco.
D	s	- La precipitación del mes más seco en verano es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso de invierno.
	w	- La precipitación del mes más lluvioso en verano es, a lo menos, diez veces mayor que la precipitación del mes más seco de invierno.
	f	- Carece de una estación seca. El monto de precipitación del mes más lluvioso está comprendido entre tres y diez veces la precipitación del mes más seco.
E	En este grupo climático, la segunda letra no es ni minúscula ni denota una característica pluviométrica, sino que es mayúscula y precisa un rasgo térmico.	
	T	- El mes más cálido tiene una temperatura media entre 0° C y 10° C.
	F	- El mes más cálido tiene una temperatura media inferior a 0° C.

Tercera letra, en minúscula (particularidades térmicas)

Para caracterizar el comportamiento térmico anual se hace uso de una letra minúscula que sigue a la letra que expresa las características pluviométricas. Esta letra minúscula, que se posiciona generalmente en tercer lugar dentro de la codificación de Köppen, se asigna al respectivo grupo climático según los siguientes rasgos térmicos:

Grupo climático	Tercera letra	Características térmicas
A	g	- Régimen térmico del Ganges, con máximo térmico mensual anterior al solsticio de verano del hemisferio respectivo.
	g'	- Régimen térmico del Sudán, con máximo térmico mensual posterior al solsticio de verano del hemisferio respectivo.
BS	h (heiss)	- La temperatura media anual es superior a 18º C.
	k (kalt)	- La temperatura media anual es inferior a 18º C.
	k'	- Las temperaturas media anual y media mensual del mes más cálido es inferior a 18º C.
BW	h	- La temperatura media anual es superior a 18º C.
	k	- La temperatura media anual es inferior a 18º C.
	k'	- Las temperaturas media anual y media mensual del mes más cálido es inferior a 18º C.
	n (nebel)	- Presencia frecuente de nieblas.
C		

	a	- La temperatura media del mes más cálido es superior a los 22º C.
	b	- La temperatura media del mes más cálido es inferior a los 22º C y, al menos, cuatro meses, con temperaturas medias que superan los 10º C.
	c	- La temperatura media del mes más frío es superior a -38º C y el mes más cálido es inferior a 22º C, y menos de cuatro meses tienen una temperatura media que supera los 10º C.
	l(lauwarm)	- Las temperaturas medias de todos los meses del año se encuentran entre 10º C y 22º C.
D		
	a	- La temperatura media del mes más cálido es superior a los 22º C.
	b	- La temperatura media del mes más cálido es inferior a los 22º C y, al menos, cuatro meses, con temperaturas medias que superan los 10º C.
	c	- La temperatura media del mes más frío es superior a -38º C y el mes más cálido es inferior a 22º C, y menos de cuatro meses tienen una temperatura media que supera los 10º C.
	l	- Las temperaturas medias de todos los meses del año se encuentran entre 10º C y 22º C.
	d	- La temperatura media mensual del mes más frío es inferior a los -38º C.
E		

Otras letras, en minúscula (particularidades específicas)

Para indicar la existencia de matices en las características pluviométricas o térmicas se pueden agregar nuevas letras, o bien, incorporar una comilla a la letra respectiva. Por ejemplo:

Letras minúsculas	Características
<i>i</i>	- Régimen isotérmico, cuya amplitud térmica anual no sobrepasa los 5º C.
<i>n'</i>	- Nieblas raras, pero mucha humedad del aire y falta de lluvias con una temperatura relativamente baja (verano con menos de 24º C).
<i>n''</i>	- Nieblas raras, pero mucha humedad del aire y falta de lluvias con una temperatura en verano entre 24º C y 28º C.
<i>n'''</i>	- Nieblas raras, pero mucha humedad del aire y falta de lluvias con una temperatura en verano sobre los 28º C.
<i>s'</i>	- La época más seca en el verano del hemisferio correspondiente y con la temporada de lluvias retrasada hasta el otoño.
<i>s''</i>	- La época más seca en el verano del hemisferio correspondiente y con la temporada de lluvias dividida en dos períodos, con una corta temporada de sequía intercalada.
<i>v</i>	- La época más caliente está retrasada hasta el otoño y los valores de la temperatura son semejantes a los registrados en las Islas de Cabo Verde.
<i>w'</i>	- La época más seca es en el invierno del hemisferio correspondiente y con la temporada de lluvias retrasada hasta el otoño.
<i>w''</i>	- La época más seca es en el invierno del hemisferio correspondiente y con la temporada de lluvias dividida en dos períodos, con una corta temporada de sequía intercalada.

- x** - Máxima de las lluvias en primavera y al principio del verano.
- x'** - Lluvias ocasionales, pero intensas, en todas las estaciones.

Fuente: Rioseco, Reinaldo y Tesser, Claudio: Cartografía Interactiva de los climas de Chile [en línea]. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Anexo C

Clima 2020

Gráfico 19: Temperaturas mensuales 2020, Climate Consultant 6.0

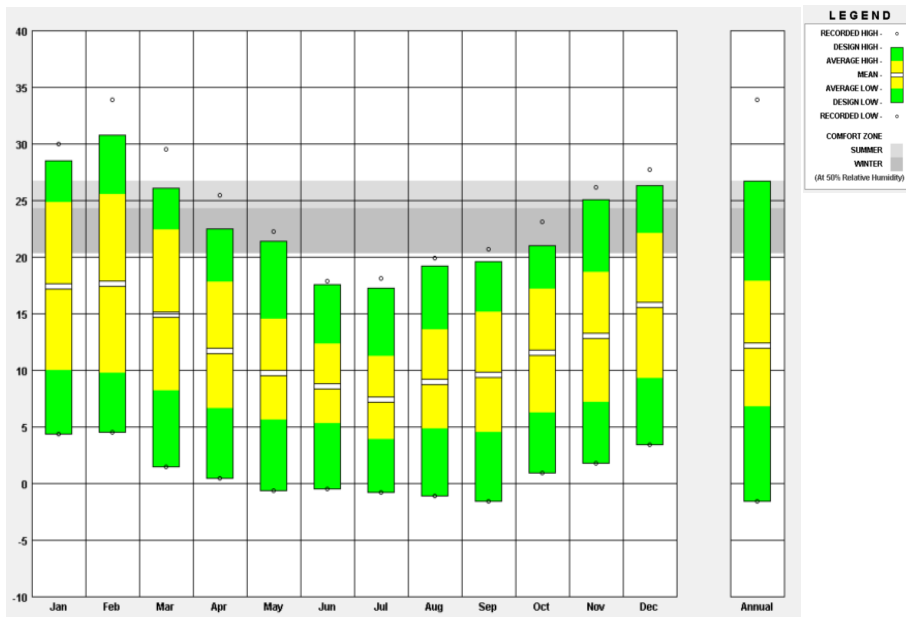
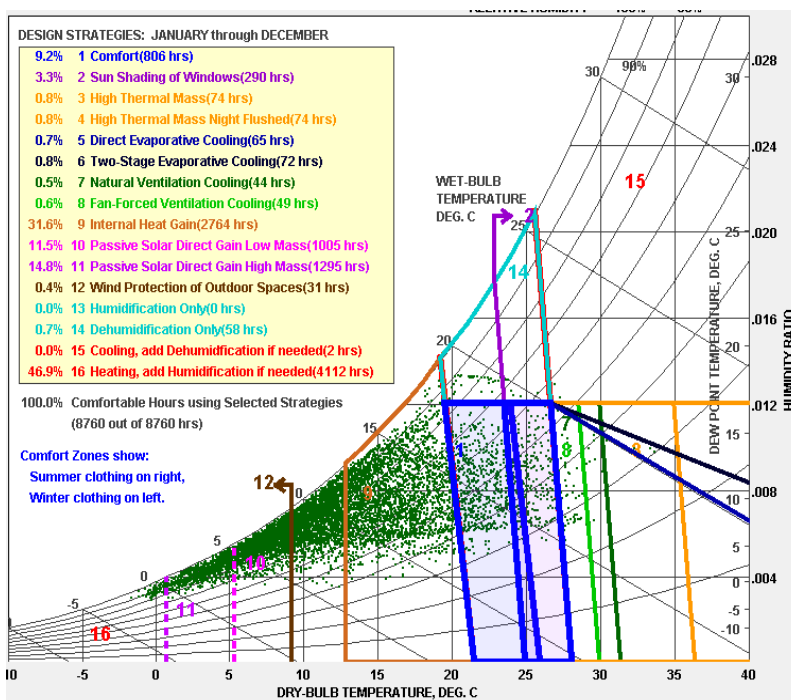
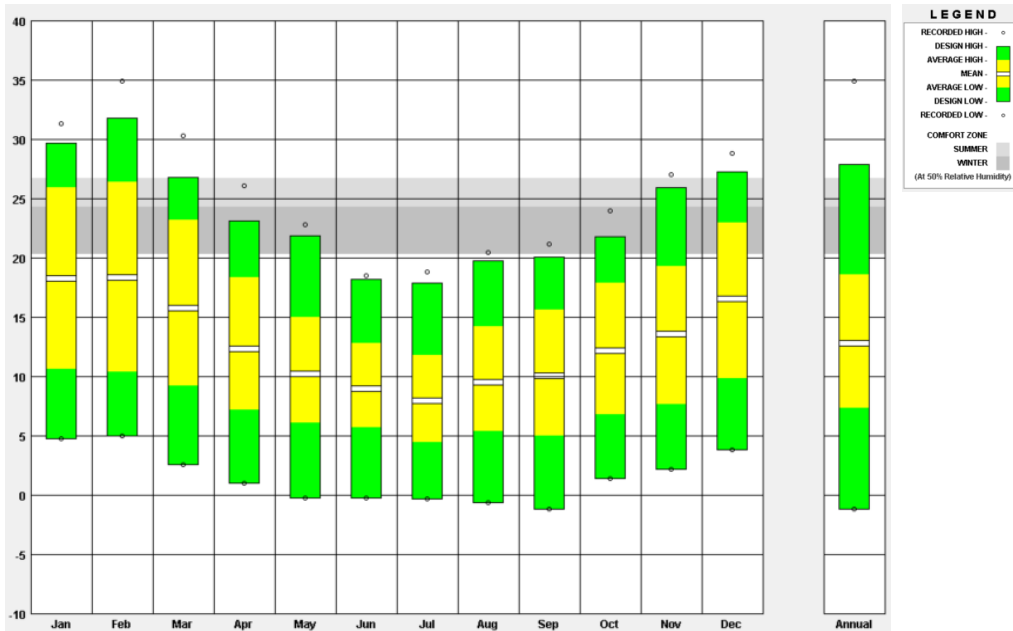


Gráfico 20: Área de confort en 2020, Climate Consultant 6.0

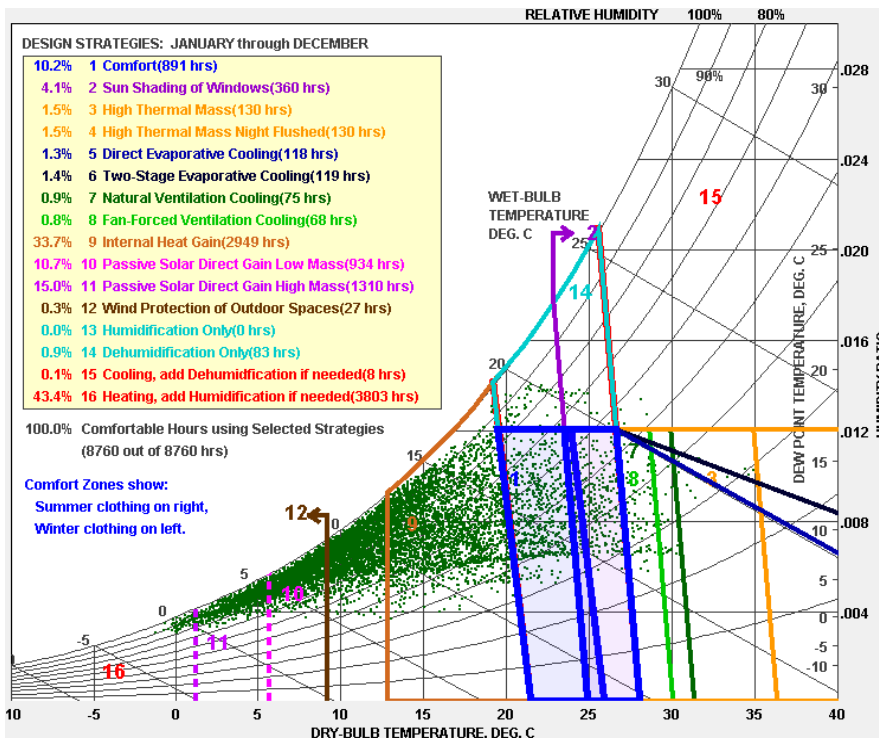


Clima 2050

Temperaturas mensuales 2050, Climate Consultant 6.0



Área de confort en 2050, Climate Consultant 6.0



10.2% en confort

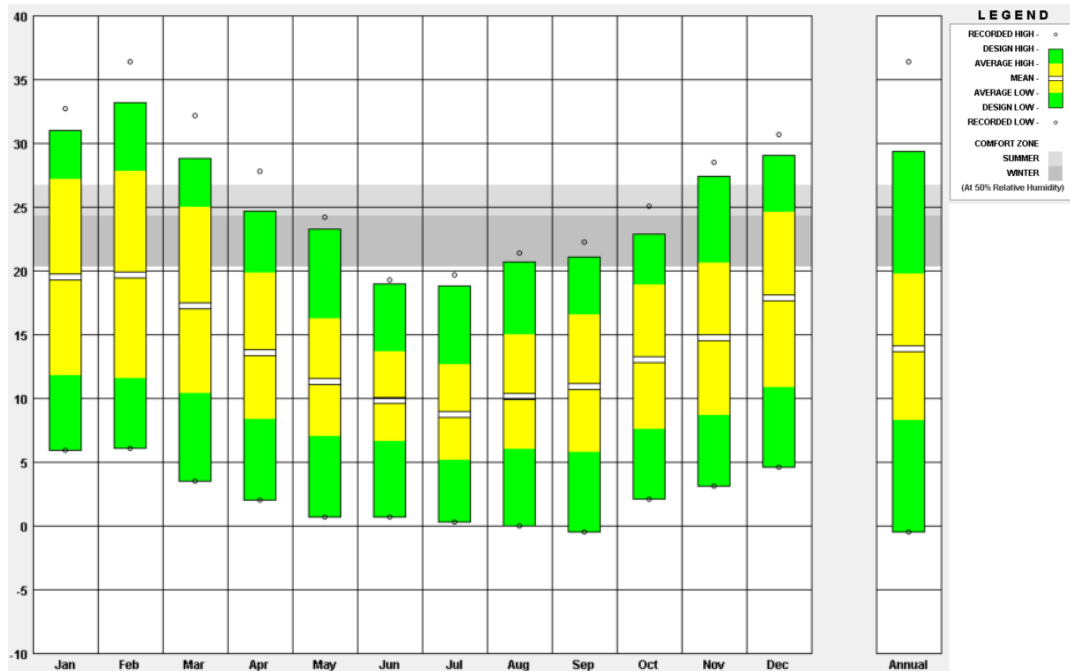
43.4% Necesidad de calefacción

0.1% Necesidad de refrigeración

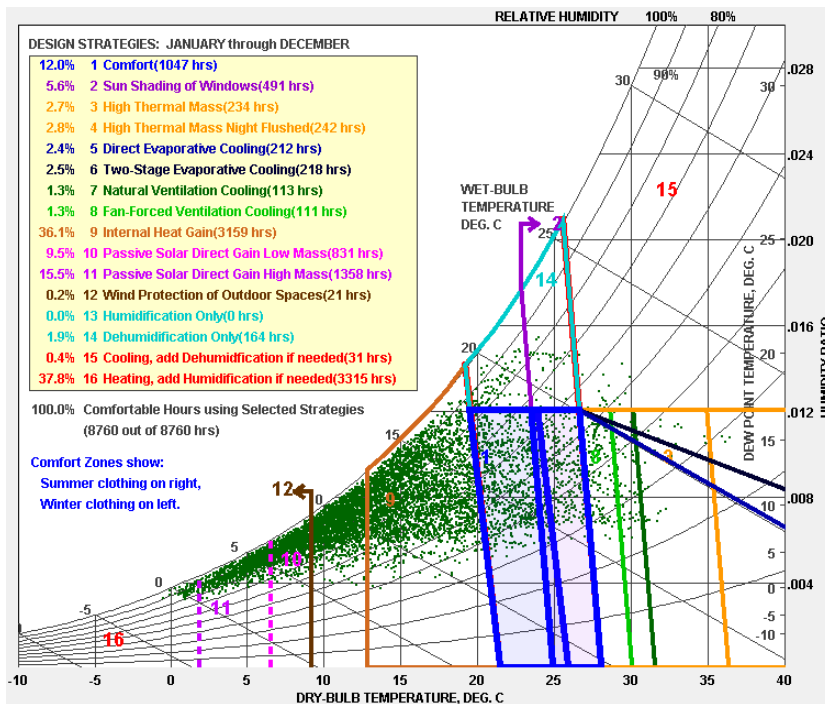
*Recomendación del programa: maximizar ganancia solar en la fachada norte, mejorar la calidad de vidrios (DVH).

Clima 2080

Temperaturas mensuales 2080, Climate Consultant 6.0



Área de confort en 2080, Climate Consultant 6.0

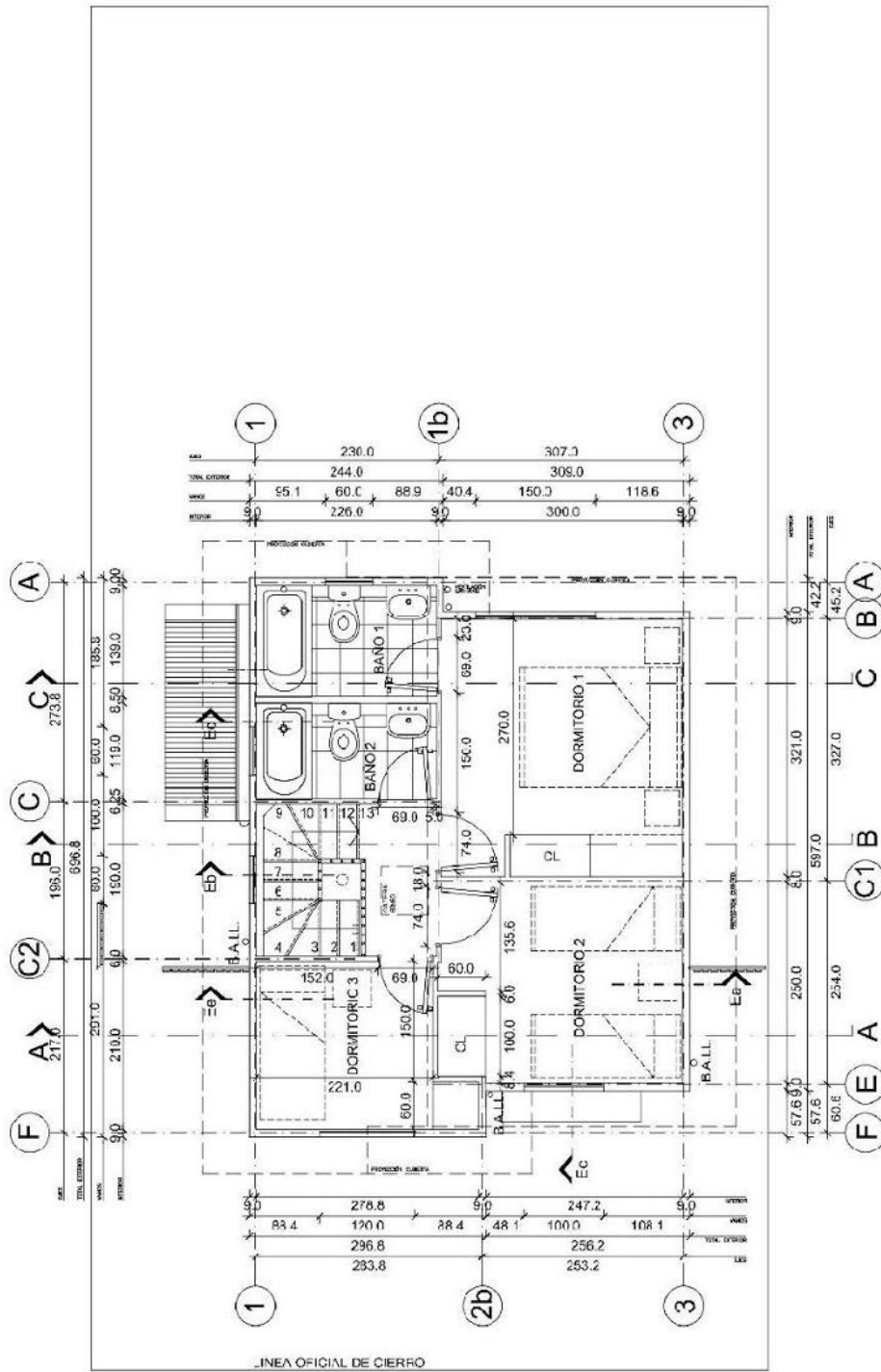


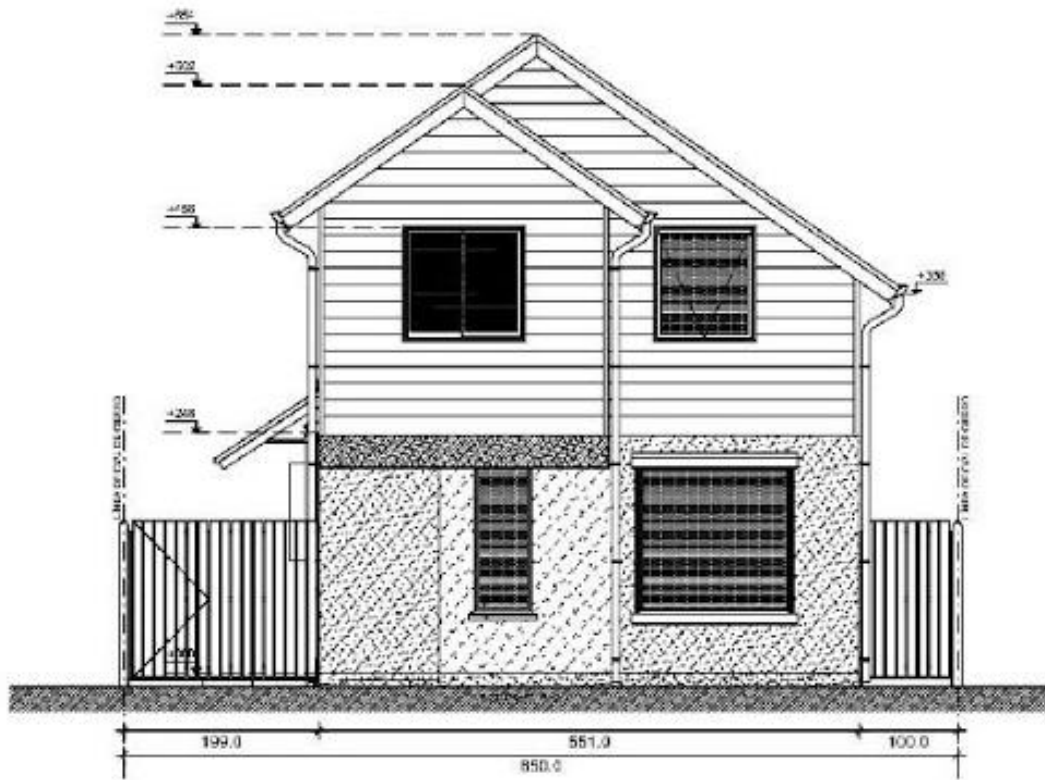
12.0% en confort
37.8% Necesidad de calefacción
0.4% Necesidad de refrigeración

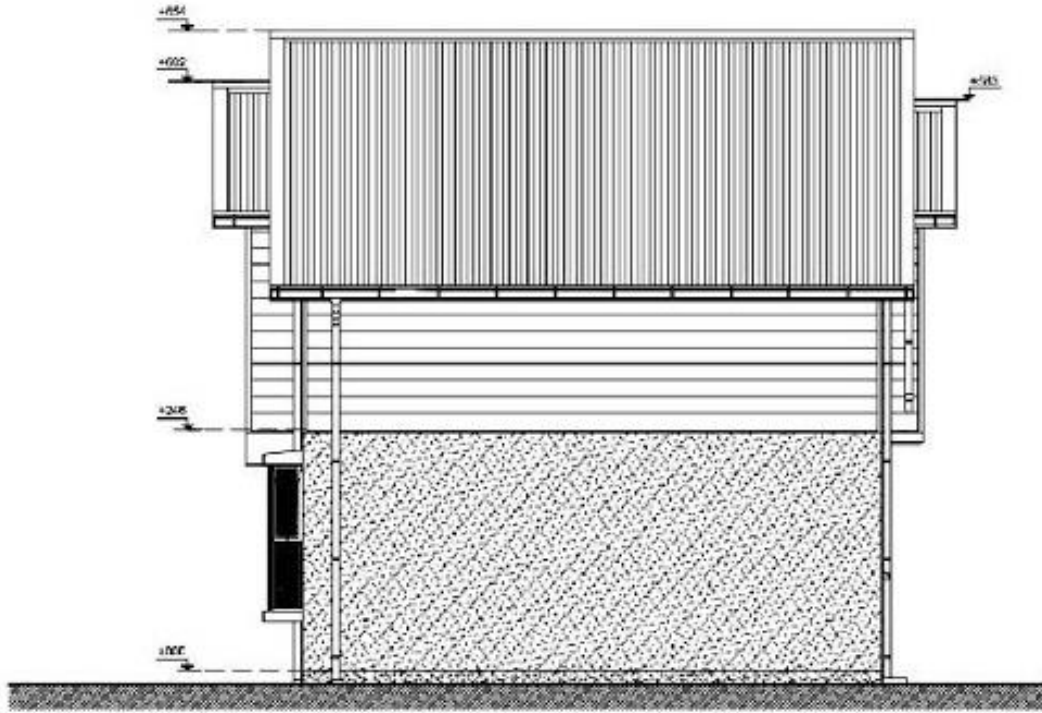
*Recomendación del programa: maximizar ganancia solar en la fachada norte, mejorar la calidad de vidrios (DVH).

Anexo D

Vivienda modelo 2 – 64 m²







Anexo E

Temperaturas mínimas y máximas alcanzadas en el interior para las viviendas tipo A y B en los distintos escenarios. Con color rojo se destacan los valores mínimos y máximos en temperaturas alcanzados al interior de la vivienda y el valor más bajo de confort térmico.

	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	%
CASA TIPO A	BASE	2005	11,4	06-jul	19,5	27,3	22-feb	41,19
		2020	11,7	06-jul	20,2	28,3	22-feb	49,54
		2050	12	06-jul	20,5	28,7	22-feb	52,6
		2080	12,4	06-jul	21	29,4	22-feb	57,21
	MEJORA 1	2005	11,7	06-jul	19,5	26,6	22-feb	42
		2020	12,1	06-jul	20,2	27,5	22-feb	50,22
		2050	12,3	06-jul	20,5	27,9	22-feb	53,45
		2080	12,7	06-jul	21,3	28,5	22-feb	58,4
	MEJORA 2	2005	12,8	06-jul	20,6	27,4	22-feb	56,3
		2020	13,2	06-jul	21,2	28,2	22-feb	62,5
		2050	13,4	06-jul	21,4	28,5	22-feb	65,3
		2080	13,8	06-jul	21,9	29	22-feb	70,4
	MEJORA 3	2005	11,2	06-jul	19,4	27,2	22-feb	40
		2020	11,6	06-jul	20,1	28,3	22-feb	48,6
		2050	11,9	06-jul	20,4	28,6	22-feb	51,6
		2080	12,2	06-jul	20,9	29,3	22-feb	56,5
	M1 + M2	2005	13,4	06-jul	20,8	26,5	22-feb	60,3
		2020	13,8	06-jul	21,3	27,2	22-feb	67,4
		2050	14,1	06-jul	21,6	27,5	22-feb	70,5
		2080	14,5	06-jul	22	27,9	22-feb	76,9
	M1 + M3	2005	11,6	06-jul	19,4	26,5	22-feb	40,8
		2020	12	06-jul	20,1	27,5	22-feb	49,1
		2050	12,2	06-jul	20,4	27,8	22-feb	52,3
		2080	12,6	06-jul	20,9	28,5	22-feb	57,79
	M2 + M3	2005	12,7	06-jul	20,5	27,3	22-feb	55
		2020	13	06-jul	21,1	28,1	22-feb	61,1
		2050	13,3	06-jul	21,3	28,4	22-feb	64
		2080	13,7	06-jul	21,8	29	22-feb	69,11
M1 + M2 + M3	2005	13,3	06-jul	20,7	26,4	22-feb	58,6	
	2020	13,6	06-jul	21,2	27,2	22-feb	65,7	
	2050	13,9	06-jul	21,4	27,4	22-feb	68,6	
	2080	14,3	06-jul	21,9	27,9	22-feb	74,7	

CASA TIPO B	MEJORA	ESCENARIO	T° mínima int.		T° promedio	T° máxima int.		Confort
			C°	Fecha	C°	C°	Fecha	%
	BASE	2005	11,7	06-jul	19,7	28,5	22-feb	44,33
2020		12	06-jul	20,5	29,6	22-feb	51,8	
2050		12,3	06-jul	20,8	30	22-feb	54,3	
2080		12,7	06-jul	21,4	30,8	22-feb	59,4	
MEJORA 1	2005	12,2	06-jul	19,9	27,8	22-feb	46,5	
	2020	12,5	06-jul	20,6	28,8	22-feb	54,1	
	2050	12,7	06-jul	20,9	29,1	22-feb	56,7	
	2080	13,1	06-jul	21,4	29,8	22-feb	61,3	
MEJORA 2	2005	13,8	06-jul	21,3	28,1	22-feb	66,7	
	2020	13,7	06-jul	21,7	29,3	22-feb	69	
	2050	13,9	06-jul	22	29,7	22-feb	71,5	
	2080	14,3	06-jul	22,5	30,3	22-feb	74,4	
MEJORA 3	2005	11,7	06-jul	19,7	28,5	22-feb	43,5	
	2020	12	06-jul	20,4	29,5	22-feb	51,2	
	2050	12,3	06-jul	20,7	29,9	22-feb	53,7	
	2080	12,7	06-jul	21,3	30,6	22-feb	58,9	
M1 + M2	2005	13,8	06-jul	21,4	28,2	22-feb	66,8	
	2020	14,1	06-jul	21,9	28,9	22-feb	73,7	
	2050	14,3	06-jul	22,2	29,2	22-feb	76,32	
	2080	14,8	06-jul	22,6	29,8	22-feb	79,1	
M1 + M3	2005	12,6	06-jul	20,1	27,6	22-feb	50,2	
	2020	12,9	06-jul	20,8	28,5	22-feb	57,1	
	2050	13,2	06-jul	21,1	28,8	22-feb	59,8	
	2080	13,5	06-jul	21,6	29,4	22-feb	64,9	
M2 + M3	2005	13,4	06-jul	20,9	28,3	22-feb	61,3	
	2020	13,6	06-jul	21,6	29,2	22-feb	67,4	
	2050	13,9	06-jul	21,8	29,5	22-feb	70,2	
	2080	14,3	06-jul	22,4	30,2	22-feb	73,9	
M1 + M2 + M3	2005	14,3	06-jul	21,4	27,3	22-feb	69,4	
	2020	14,6	06-jul	21,9	28	22-feb	77,37	
	2050	14,9	06-jul	22,1	28,3	22-feb	80,37	
	2080	15,3	06-jul	22,6	28,8	22-feb	83,6	

Anexo F

Comparación mejoras de las viviendas

Vivienda 57m2

Código	CASO BASE						Mejora 1						Mejora 2						Mejora 3					
	Original						Doble vidrio hermetico						Aislación 100mm						Ventilación techumbre					
	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT			
2005	2192,67	71,9	41,19%	1959,83	51,4	42,09%	1285,2	100,9	56,38%	2437,72	63,8	40,08%	2192,67	71,9	41,19%	1959,83	51,4	42,09%	1285,2	100,9	56,38%	2437,72	63,8	40,08%
2020	38,5	1,3	49,54%	34,4	0,9	50,22%	22,5	1,8	62,53%	42,8	1,1	48,62%	1027,1	235,99	62,53%	1515,94	163,3	50,22%	1027,1	235,99	62,53%	1899,3	3,4	48,62%
2050	1689,67	213,4	52,60%	26,6	2,9	53,45%	18,0	4,1	58,40%	18,0	4,1	58,40%	900,31	323,01	53,45%	1326,88	246,14	52,60%	900,31	323,01	53,45%	1670,57	291,31	51,67%
2080	1481,99	311,88	57,21%	23,3	4,3	57,21%	1039,58	451,76	57,21%	1039,58	451,76	57,21%	705,83	521,64	70,47%	1161,74	550,46	57,21%	705,83	521,64	70,47%	1317,52	524,23	56,58%
2080	20,4	9,7		18,2	7,9		18,2	7,9		18,2	7,9		12,4	9,2		12,4	9,2		12,4	9,2		23,1	9,2	
COMBINACIÓN M2+M3 - 57M2																								
2005	1535,4	87,6	55,07%	2211,01	44,7	40,80%	1096,14	67,4	60,31%	1344,98	56,5	58,60%	1535,4	87,6	55,07%	2211,01	44,7	40,80%	1096,14	67,4	60,31%	1344,98	56,5	58,60%
2020	26,9	1,5	61,15%	38,8	0,8	49,10%	19,2	1,2	67,40%	23,6	1,0	65,73%	887,84	165,96	67,40%	1729,71	148,52	49,10%	887,84	165,96	67,40%	1100,35	2,6	65,73%
2050	1239,41	214,26	64,06%	30,3	2,6	57,35%	30,3	2,6	57,35%	15,6	2,9	70,53%	775,01	234,74	57,35%	1520,49	227,54	64,06%	775,01	234,74	57,35%	1911,11	212,1	68,69%
2080	21,7	3,8	69,11%	26,7	4,0	69,11%	26,7	4,0	69,11%	13,6	4,1	76,91%	608,84	395,3	76,91%	1199,07	427,71	69,11%	608,84	395,3	76,91%	768,38	3,7	74,70%
2080	15,2	8,6		21,0	7,5		10,7	6,9		10,7	6,9		13,5	6,5		13,5	6,5		13,5	6,5		13,5	6,5	
COMBINACIÓN 4 M1-M2-M3																								
2005	1535,4	87,6	55,07%	2211,01	44,7	40,80%	1096,14	67,4	60,31%	1344,98	56,5	58,60%	1535,4	87,6	55,07%	2211,01	44,7	40,80%	1096,14	67,4	60,31%	1344,98	56,5	58,60%
2020	26,9	1,5	61,15%	38,8	0,8	49,10%	19,2	1,2	67,40%	23,6	1,0	65,73%	887,84	165,96	67,40%	1729,71	148,52	49,10%	887,84	165,96	67,40%	1100,35	2,6	65,73%
2050	1092,9	287,06	64,06%	26,7	4,0	64,06%	26,7	4,0	64,06%	13,6	4,1	70,53%	775,01	234,74	57,35%	1520,49	227,54	64,06%	775,01	234,74	57,35%	1911,11	212,1	68,69%
2080	864,58	491,24	69,11%	1199,07	427,71	69,11%	1199,07	427,71	69,11%	608,84	395,3	76,91%	608,84	395,3	76,91%	1199,07	427,71	69,11%	608,84	395,3	76,91%	768,38	3,7	74,70%
2080	15,2	8,6		21,0	7,5		10,7	6,9		10,7	6,9		13,5	6,5		13,5	6,5		13,5	6,5		13,5	6,5	

Vivienda 64 m2

64

CASO BASE				Mejora 1				Mejora 2				Mejora 3			
Original				Doble vidrio hermetico				Aislación 100mm				Ventilación techumbre			
	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT
	kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2	
2005	2904,64	124,5	44,33%	2474,99	118,0	46,59%	1541,35	140,1	66,67%	3039,79	124,0	43,57%	47,5	1,9	
	45,4	1,9		38,7	1,8		24,1	2,2		47,5	1,9		47,5	1,9	
2020	2241,67	336,96	51,80%	1912,87	316,74	54,10%	1322,95	293,43	69,06%	2356,03	341,04	51,23%	36,8	5,3	
	35,0	5,3		29,9	4,9		20,7	4,6		36,8	5,3		36,8	5,3	
2050	1960,21	475,38	54,33%	1667,96	448,81	56,70%	1155,03	391,38	71,51%	2061,37	484,02	53,74%	32,2	7,6	
	30,6	7,4		26,1	7,0		18,0	6,1		32,2	7,6		32,2	7,6	
2080	1532,16	804,35	59,43%	1298,22	762,43	61,38%	901,32	618,57	74,45%	1612,64	824,41	56,97%	25,2	12,9	
	23,9	12,6		20,3	11,9		14,1	9,7		25,2	12,9		25,2	12,9	
COMBINACIÓN M2+M3 - 64M2				COMBINACIÓN M1+M3 - 64M2				COMBINACIÓN M1+M2 - 64M2				COMBINACIÓN M1+M2 + M3			
	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT	HEATING	COOLING	CONFORT
	kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2		kw/h	kw/h m2	
2005	1776,87	129,5	64,34%	2229,52	108,1	50,17%	1541,35	140,1	66,67%	1419,96	122,9	69,39%	22,2	1,9	
	27,8	2,0		34,8	1,7		24,1	2,2		22,2	1,9		22,2	1,9	
2020	1417,54	288,15	67,43%	1740,06	292,08	57,13%	1238,74	296,81	73,66%	1153,68	276,88	77,37%	18,0	4,3	
	22,1	4,5		27,2	4,6		19,4	4,6		18,0	4,3		18,0	4,3	
2050	1237,42	390,49	70,26%	1517,63	417,67	59,77%	1082,9	396,95	76,32%	1007,27	381,75	80,37%	15,7	6,0	
	19,3	6,1		23,7	6,5		16,9	6,2		15,7	6,0		15,7	6,0	
2080	965,89	629,44	73,97%	1182,49	719,72	64,99%	846,73	631,43	79,10%	784,82	627,17	83,65%	12,3	9,8	
	15,1	9,8		18,5	11,2		13,2	9,9		12,3	9,8		12,3	9,8	

Anexo G

Imágenes viviendas construidas



Construcción de vivienda de 64m².



Construcción de vivienda de 57m².



Construcción de vivienda de 57m²-etapa anterior.



Construcción de vivienda de 57m² y de 64m².



Construcción de viviendas de 64m² en futuras etapas.

Anexo H

Temperaturas interiores de las viviendas según cada estrategia de mejoramiento.

CASA TIPO A																								
BASE	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
2005	19,8	26,4	19,3	27,2	18,3	25,4	14,6	22,6	18,9	21,7	12,5	19,2	11,4	19,3	12,9	20,9	15,8	20,5	14,9	22,3	16,6	24,3	18,7	25,3
M1	20,1	25,7	19,4	27,2	18,6	25,1	15	22,4	19,1	21,7	13	19,3	11,7	19,4	13,3	20,8	15,8	20,5	15,3	22,5	16,9	23,9	19,1	25
2005	23	29,3	23,2	29,3	21,7	27,3	19,1	25,1	19,1	21,7	16,9	22,3	15,7	22,3	17,3	22,3	17,8	22,3	19,5	22,3	20,6	23,9	21,1	27,1
M1+M2	21,9	26,8	21,3	27,3	21,2	26,1	18,2	23,9	18,2	21,4	15,2	21,4	13,8	21	16	22,3	18,4	22,4	17,9	23,7	19,3	25,1	21	26
2020	24,2	29,3	24,3	29,3	23,3	21,3	21,3	21,3	19,5	18,7	18,3	18,3	18,3	18,3	19,4	20,3	20,3	21,6	21,6	21,6	22,5	22,5	23,7	23,7
M1+M2	22,2	27,1	21,6	27,5	21,4	26,3	18,5	24,2	19,7	21,7	15,4	21,7	14,1	21,2	16,3	22,5	18,6	22,6	18,2	23,9	19,6	25,1	21,3	26,3
2050	24,5	29,7	24,7	29,7	23,5	21,6	21,6	21,6	19,7	18,9	18,5	18,5	18,5	18,5	19,6	20,5	20,5	21,8	21,8	21,8	22,7	22,7	23,9	23,9
M1+M2	22,7	27,5	22,1	28	22	26,9	19,1	24,7	17,5	23,3	15,6	22,2	14,5	21,6	16,6	22,9	19	23	18,6	24,4	20,2	25,5	21,7	26,9
2080	24,8	29,9	24,9	29,9	24,1	24,1	22,1	22,1	20,2	19,2	18,8	18,8	18,8	18,8	19,9	20,9	20,9	22,2	22,2	22,2	23,2	23,2	24,3	24,3

CASA TIPO B																								
BASE	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
2005	19,4	27,1	19,4	28,6	17,7	26,7	14,6	24,1	19,5	22,2	12,1	20,7	11,8	20,7	12,7	22,6	15,8	21,8	14,9	23	16,2	24,5	18,2	26,4
M1	20	26,6	19,9	27,9	18,4	26,3	15,1	23,8	19,6	22,2	12,8	20,3	12,2	20,2	13,3	21,8	16,3	21,3	15,5	22,8	16,8	24,3	18,8	25,9
2005	23,3	29,5	23,5	29,5	22,3	24,3	19,6	22,2	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,7	17,7	18,2	18,2	19,8	19,8	19,8	20,8	20,8	22,5	22,5
M1+M2	22,2	27,7	22,1	29	21	27,5	18,2	25,7	16,5	24,5	14,7	23,2	14,1	22,1	15,9	24,2	18,7	24,4	18,2	24,9	19,5	25,4	21,4	27,3
2020	24,7	29,7	25	24,1	22,2	24,1	22,2	22,2	19,9	18,9	18,5	18,5	18,5	18,5	20	20	20,9	22,1	22,1	22,1	22,9	22,9	24,2	24,2
M1+M2	22,6	27,3	22,2	28,3	21,6	27,1	19	25,5	17,3	24,3	15,3	23,4	14,9	22,1	16,6	24	19,2	24,3	18,8	24,7	20	25,3	21,8	27,1
2050	24,8	29,9	24,9	29,9	24,2	24,2	22,5	22,5	20,4	19,3	18,9	18,9	18,9	18,9	20,4	21,2	21,2	22,4	22,4	22,4	23,1	23,1	24,3	24,3
M1+M2+M3	22,2	27,6	22,5	28,8	21,9	27,4	19,5	25,7	17,5	24,6	15,6	23,7	14,9	22,1	16,9	24,3	19,6	24,3	19,1	24,7	20,4	25,3	22,3	27,6
2080	25,2	29,9	25,3	29,9	24,6	24,6	22,8	22,8	20,8	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	21,8	21,8	21,5	22,9	22,9	22,9	23,4	23,4	24,7	24,7