



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

**ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS CON EXIGENCIA  
TÉRMICA CHILENA O.G.U.C. Y CON CALIFICACIÓN ENERGÉTICA, EVALUADOS  
CON ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, PARA LAS COMUNAS DE  
SANTIAGO Y CONCEPCIÓN**

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

**AUTOR:** ARQ. JUAN CARLOS ARAGÓN GARCIA.  
**PROFESOR GUÍA:** DR. ARQ. JESUS ALBERTO PULIDO ARCAS.

CONCEPCION, 23 de enero de 2019

## RESUMEN

La industrialización, influenciada por la deforestación y la ganadería masiva, entre otros factores, ha acentuado y acelerado fuertemente un cambio en el clima, gatillando una alta emisión de los gases de efecto invernadero GEI, los cuales aumentan el el CO<sub>2</sub> en 280ppm (época preindustrial) llegando, en los últimos años, a 360ppm; según el IPCC, si estas cifras llegaran a duplicarse, la temperatura terrestre aumentaría entre 1°C y 3.5°C. (Garreaud, 2011).

El cambio climático ha generado un impacto global de gran magnitud y, lamentablemente, nuestro país no se ha visto exento de este fenómeno, pues ha afectado de manera directa la demanda energética en el sector residencial de Chile, tanto a nivel de refrigeración como de calefacción. Sin embargo, el presente no es lo más alarmante, sino el futuro: se analizó la demanda actual y se evaluaron los escenarios para los años 2020, 2050 y 2080, bajo un escenario A2 con incertidumbre media alta (WMO & UNEP, 1988).

Si bien el gobierno de Chile está implementando la Calificación Energética de Vivienda (CEV) como parte del plan de mitigación para controlar y reducir la emisión de GEI (Stevens et al., 2017), es una medida poco efectiva debido a su carácter voluntario. Es por lo anterior, que el presente estudio pretende demostrar el comportamiento que tiene la demanda energética en el sector residencial, particularmente en Santiago y Concepción, dos de las ciudades en donde se concentra el 45% de la zona urbana de Chile (Minvu, 2017a), pues como medida paliativa al cambio climático, destacan dos modelos de vivienda que representan ambas ciudades, con un sistemas de agrupamiento aislado. El modelo de un piso en albañilería etiqueta "A" es el que logra mitigar mejor los efectos, pero la vivienda de dos pisos en tabiquería es la que genera sobrecalentamiento en verano, viéndose más resaltada en la ciudad de Santiago.

**Palabras claves:** Cambio Climático, Demanda energética, Normativa térmica chilena, Calificación Energética chilena CEV.

**ABSTRACT**

Industrialization, influenced by deforestation and mass livestock, among other factors, has strongly accentuated and accelerated a change in climate, triggering a high emission of greenhouse gases GHG, which increase the CO<sub>2</sub> by 280ppm (pre-industrial era) reaching, in recent years, at 360ppm; according to the IPCC, if these figures were to double, the earth's temperature would increase between 1 ° C and 3.5 ° C. (Garreaud, 2011).

Climate change has generated a global impact of great magnitude and, unfortunately, our country has not been exempt from this phenomenon, because it has directly affected the energy demand in the residential sector of Chile, in cooling and heating. However, the present situation is not the most alarming part, but the futuresituation: the current demand was analyzed and the scenarios were evaluated for the years 2020, 2050 and 2080, under a scenario A2 with high average uncertainty (WMO & UNEP, 1988).

Although the Chilean government is implementing the Energy House Rating (CEV) as part of the mitigation plan to control and reduce GHG emissions (Stevens et al., 2017), it is an ineffective measure due to its voluntary nature. It is for the foregoing, that this study aims to demonstrate the behavior of energy demand in the residential sector, particularly in Santiago and Concepción, two of the cities where 45% of the urban area of Chile is concentrated (Minvu, 2017), as a mitigating measure to climate change, to housing models that represent cities, to isolated grouping systems. The model of a floor in the masonry is the one that best mitigates the effects, but the housing of the two floors in the partition is that the overheating of the genres in the summer, rather than highlighted in the city of Santiago.

**Keywords:** Climate Change, Energy Demand, Chilean Thermal Regulation, Chilean Energy Rating.

## ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE GRAFICAS: .....	7
ABREVIATURAS:.....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.....	13
III. RELEVANCIA DEL PROBLEMA .....	13
IV. OBJETIVO GENERAL.....	15
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
VI. HIPÓTESIS .....	17
VII. METODOLOGÍA.....	18
1. EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	19
1.1. PERSPECTIVAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	19
1.1.1. CAMBIO CLIMÁTICO .....	19
1.1.2. PANORAMA EN LATINOAMÉRICA .....	21
1.1.3. PANORAMA CHILE.....	21
1.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA CHILE .....	24
1.2.1. EXIGENCIA TÉRMICA NACIONAL .....	32
1.2.2. SISTEMA DE ETIQUETADO DE VIVIENDAS .....	33
1.2.3. ZONIFICACIÓN TÉRMICA .....	38
2. CARACTERIZACIÓN DE ZONA ESTUDIO, CASOS ESTUDIO Y ESCENARIOS FUTUROS. 42	
2.1. PARAMETROS GENERALES DE ZONA ESTUDIO .....	42
2.1.1. PROPUESTAS DE CASOS DE ESTUDIO .....	48
2.1.1.1. MODELO 1 .....	48
2.1.1.2. MODELO 2 .....	50
2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS ACTUALES EN LAS CIUDADES DE ESTUDIO .....	52
2.2.1. CIUDAD DE CONCEPCIÓN.....	52
2.2.2. CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE .....	55

2.3.	ESCENARIO FUTUROS PARA SANTIAGO Y CONCEPCIÓN .....	56
2.3.1.	ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	57
2.3.2.	ESCENARIOS METEOROLÓGICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	59
3.	PARAMETROS CONSTRUCTIVOS Y TERMICOS DE CASOS DE ESTUDIO .....	66
3.1.	PARAMETROS TERMICOS .....	66
3.2.	ETIQUETADO DE CASOS ESTUDIO .....	70
3.3.	PARAMETROS PARA MODELAMIENTO DINAMICO .....	71
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	74
4.1.	ANÁLISIS DE CASOS REPRESENTATIVOS:.....	76
	CONCLUSIÓN	84
	BIBLIOGRAFÍA	86
	GLOSARIO:	88
	ANEXO	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Exigencia térmica en Chile, O.G.U.C. ....	32
Tabla 2: Exigencia de superficie vidriada por cada zona, O.G.U.C.....	33
Tabla 3: Sistema de agrupamientos de viviendas. ....	47
Tabla 4. Temperatura de la ciudad de Concepción. ....	53
Tabla 5. Humedad relativa promedio de la ciudad de Concepción.....	53
Tabla 6. Velocidad del viento promedio de la ciudad de Concepción.....	54
Tabla 7. escenarios metrológicos de la ciudad de Concepción .....	63
Tabla 8. Escenarios meteorológicos de la ciudad de Santiago. ....	64
Tabla 9: Temperaturas neutro máximas y mínimas, para las ciudades de Santiago y Concepción. ....	67
Tabla 10. Etiquetado de vivienda modelo 1 en la ciudad de Santiago.....	70
Tabla 11. Etiquetado modelo 1 en ciudad de Concepción .....	71
Tabla 12. Parámetros térmico modelo 1.....	72
Tabla 13. Parámetros térmicos modelo 2 .....	72
Tabla 14. tabla de resultados de demanda energética actual y futura. ....	74
Tabla 15.-Tabla comparativa demanda energética y % de reducción en escenarios futuros. ....	75
Tabla 16: refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en albañilería, Santiago .....	76
Tabla 17: refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en albañilería y tabiquería, Santiago.....	77
Tabla 18: refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en tabiquería, Santiago. ....	78
Tabla 19. refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “E” en tabiquería, Santiago.....	79
Tabla 20. refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “A” en tabiquería, Concepción.....	80
Tabla 21. refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “E” en tabiquería, Concepción.....	81
Tabla 22. refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “E” en albañilería y tabiquería, Concepción.....	82
Tabla 23. Impacto en la demanda de calefacción y refrigeración.....	83
Tabla 24: Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Santiago.....	91
Tabla 25: Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Concepción.....	91
Tabla 26: Calculo de “U”, muro de albañilería, cumple zona 4. ....	98
Tabla 27:- Calculo de “U” en muro albañilería, cumple zona 3.....	98
Tabla 28: Calculo de “U” en muro tabiquería, cumple zona 3 y 4.....	99
Tabla 29: Calculo de “U” en Cielo, Zona 3. ....	99
Tabla 30: Calculo de “U” en Cielo, Zona 3 y 4.....	100
Tabla 31: Calculo de “U” en muro de albañilería, Zona 3 y 4.....	100
Tabla 32: Calculo de “U” en muro tabiquería, Zona 3 y 4: .....	101
Tabla 33: Calculo de “U” en muro de tabiquería, Zona 4. ....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Paquetes de medidas para la reducción de gases de efecto invernadero. ....	25
Figura 2: Flujo de emisiones de CO2 a la atmosfera.....	30
Figura 3:Diagrama de variables y subvariables asociadas el flujo térmico.....	38
Figura 4. Mapa de zonas térmica región del Bio Bio. ....	39
Figura 5. Mapa de zonas térmica región del Bio Bio modificado CEV. ....	39
Figura 6. Mapa de zonas térmica región Metropolitana de Santiago. ....	40
Figura 7. Mapa de zonas térmica región Metropolitana de Santiago, modificado CEV. ....	40
Figura 8. Planta de arquitectura, modelo un piso. ....	48
Figura 9. Planta de elevación norte, modelo un piso. ....	50
Figura 10. Planta de elevación sur, modelo un piso. ....	50
Figura 11. Elevación norte, modelo un piso. ....	50
Figura 12. Elevación sur, modelo un piso. ....	50
Figura 13. Corte X-X', modelo un piso. ....	50
Figura 14. Planta de arquitectura primer piso, modelo dos pisos.....	50
Figura 15. Planta de arquitectura segundo piso, modelo dos pisos.....	52
Figura 16. Corte X-X', modelo dos pisos. ....	52
Figura 17. Elevación norte, modelo dos pisos. ....	52
Figura 18. Elevación oriente, modelo dos pisos. ....	52
Figura 19. Elevación sur, modelo dos pisos.....	52
Figura 20. Elevación poniente, modelo dos pisos. ....	52
Figura 21. Ubicación de la región Bio Bio, Ciudad de Concepción. ....	54
Figura 22.- Ubicación de la región Metropolitana, Ciudad de Santiago. ....	56
Figura 23. detalle en planta de muro de albañilería.....	68
Figura 24. Detalle elevación de muro de albañilería .....	68
Figura 25. Detalle de muro en tabiquería de madera .....	69
Figura 26. Detalle elevación de muro de albañilería .....	69

**ÍNDICE DE GRAFICAS:**

Grafica 1. Total, de CO2 anual mundial, emitidas de todas las fuentes de energía, industrial y uso de suelo, del periodo 1990 al 2100..... 10

Grafica 3: Mapa mental de la problemática..... 14

Grafica 5. Medias multi-modelo y rangos evaluados del calentamiento de la superficie..... 20

Grafica 6: Variaciones de la temperatura media en Chile..... 22

Grafica 7:Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Santiago..... 23

Grafica 8:Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Concepción..... 24

Grafica 9: Balance nacional de energía en Tera calorías, diagrama de flujo general, año 2016..... 26

Grafica 10: Diagrama de flujo de energía de refinería petróleo, 2016..... 27

Grafica 11: Diagrama de flujos de energía biomasa-leña, 2016..... 28

Grafica 12:Distribución energía por sector, Chile..... 29

Grafica 13. consumo de energía sector público, comercial y residencial..... 30

Grafica 15 : Temperatura mínima anual Santiago, periodo 1914-2016..... 31

Grafica 16: Uso de equipos en viviendas con etiqueta..... 34

Grafica 17: Escala grafica CEV, 2018..... 35

Grafica 18 : Etiqueta de calificación energética de vivienda CEV, 2018..... 35

Grafica 19: Muestra la incidencia de sobrecalentamiento a través de protecciones en ventanas..... 36

Grafica 20:Orientación de la vivienda..... 36

Grafica 24: Grados días..... 40

Grafica 27: Viviendas particulares ocupadas según tipo, total de país..... 42

Grafica 28: Numero de predios habitacionales por materialidad predominante en estructura vertical de la construcción..... 43

Grafica 29: Total, superficie de vivienda por tramo en la región del Bio Bio..... 44

Grafica 30: Total, superficie de vivienda por tramo en la región Metropolitana..... 45

Grafica 31. Tipo de vivienda, porcentaje del total de hogares, según quintil..... 46

Grafica 46. temperaturas en la ciudad de Santiago..... 55

Grafica 47. Humedad, ciudad de Santiago..... 55

Grafica 49: Diagrama de los principales escenarios del cambio climático..... 57

Grafica 50. vías de emisión año 2000 al 2100 todos los escenarios AR5 nivel mundial..... 59

Grafica 51: Temperatura máxima promedio, ciudad de Santiago..... 60

Grafica 52: Temperatura mínima promedio, ciudad de Santiago..... 60

Grafica 53: Velocidad promedio del viento, ciudad de Santiago..... 60

Grafica 54: Humedad relativa promedio, ciudad de Santiago..... 60

Grafica 55: Temperatura máxima promedio, ciudad de Concepción..... 61



Grafica 56: Temperatura mínima promedio, ciudad de Concepción. ....	61
Grafica 57: Velocidad promedio del viento, ciudad de Concepción.....	61
Grafica 58: Humedad promedio mensual, ciudad de Concepción. ....	61
Grafica 61: Temperatura de confort neutral Tn. ....	66
Grafica 66. Escenario de temperaturas para la ciudad de Concepción.....	92
Grafica 67. Escenarios futuros de velocidad del viento en la ciudad de Concepción.....	93
Grafica 68. Escenarios de humedad, ciudad de Concepción.....	94
Grafica 69. escenarios de temperaturas, ciudad de Santiago .....	95
Grafica 70. Escenarios de velocidad de viento, de la ciudad de Santiago .....	96
Grafica 71. Escenarios de humedad relativa, en la ciudad de Santiago .....	97
Grafica 72: Ficha térmica de muro de ladrillo artesanal con estuco térmico.....	102
Grafica 73. Conductividad térmica de materiales, Nch 853. ....	103
Grafica 74. Conductividad térmica de materiales, Nch 853. ....	104

**ABREVIATURAS:**

**AP:** Acuerdo de Paris.

**CCWorldWeatherGen:** Climate Change World Weather File Generator. (generador de archivos de cambio climático mundial).

**CEV:** calificación energética de vivienda.

**CO<sub>2</sub>** : Dióxido de Carbono.

**EPW:** EnergyPlus Weather.

**ERNC:** energías renovables no convencionales.

**GEI:** gases de efecto invernadero.

**HadCM:** Modelo acoplado de

**IPCC:** Panel Intergubernamental del Cambio Climático o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

**MINVU:** ministerio de vivienda y urbanismo.

**NCh:** Normativa chilena.

**O.G.U.C.:** ordenanza general de urbanismo y construcción.

**PBTD:** Planillas de balance térmico dinámico.

**PEN:** política energética nacional.

**PPM:** Partes por millón.

**RCs:** Representative Concentration Pathways. (vías de concentración representativas).

**RT:** reglamentación térmica.

**SRES:** Special Report on Emissions Scenarios. (informe especial sobre escenarios de emisiones).

**SST:** Sistema solar térmico.

**TCal:** Telacalorias.

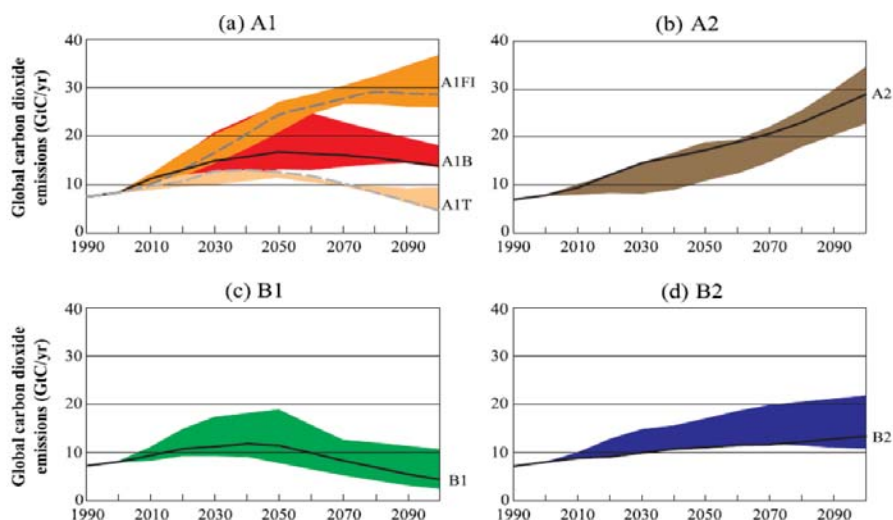
**TMY:** Typical Meteorological Year. (año típico meteorológico).

**Tn:** Temperatura neutral.

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una variación que presentan las condiciones meteorológicas registradas en el tiempo, expresadas a nivel mundial; la tendencia general es un alza de las temperaturas. Es así como surge el IPCC, un grupo de expertos que registra, estudia e informa las variantes y las fuentes del cambio climático, el cual se ha acelerado en los últimos años, teniendo como resultado, entre otros, un alto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero. En base a lo anteriormente expuesto y a los registros que existen actualmente, el IPCC, a través de diferentes grupos científicos, ha establecidos predicciones basadas en el ritmo de vida actual, creando escenarios, relacionados directamente en bases al uso de energías fósiles, crecimiento poblacional, implementación de energías renovables, etc. Con ello crean familias de escenarios como muestra la Grafica 1, que están definidas como las familias A1, A2, B1 y B2. Las familias de la B1 y B2 son con visiones optimistas mientras que las A1 y A2 son escenarios que contemplan las visiones medias y pesimistas, que son las que más representan el ritmo y crecimiento actual de las sociedades.

**Grafica 1.** Total, de CO<sub>2</sub> anual mundial, emitidas de todas las fuentes de energía, industrial y uso de suelo, del periodo 1990 al 2100.



Fuente: Nakicenovic, N., and Davidson, O., 2000.

Lo anterior, nos permite establecer un escenario medio pesimista, simulando con un A2, ya que es un escenario que mantienen el ritmo actual e implementa una leve integración de energías renovables, por lo que es uno de los más utilizados.

En Chile el cambio climático se hace presente de manera alarmante y es por ello que se analizará un historial de temperaturas registradas, desde el año 1973 al 2017, de las ciudades más

relevantes en la construcción del sector residencial: Santiago y la Concepción, que representan el 48% del total construido en Chile. Dicho registro, contempla una temperatura promedio de 14°C y 15°C, los cuales se ha visto afectada en los últimos años, llegando a 16°C y 18°C en Santiago (ver tabla 2, anexo 1) y un promedio que oscila entre 12 y 13°C en la ciudad de Concepción (tabla 25 anexo). Por lo que se puede apreciar una leve tendencia hacia el alza de temperaturas, siguiendo el patrón que se aprecia a nivel mundial.

El cambio climático ha generado preocupación a nivel mundial, ya que los efectos han sido visibles y preocupantes. De hecho, muchos países, incluyendo Chile, han firmado el renombrado “Acuerdo de París”, en el cual se comprometen a reducir los GEI a nivel global y desarrollar una sociedad más amigable con el medio ambiente. Nuestro país, cumpliendo con el acuerdo firmado, está integrando diferentes planes de mitigación para la reducción de sus GEI, entre los que se encuentra la implementación de un sistema de calificación energética de viviendas CEV, que a través de un etiquetado permite visualizar de forma simple la eficiencia de la vivienda respecto a su demanda energética, tanto en calefacción como en refrigeración. Todo está calculado para una vivienda actual, por lo que en este estudio se realizará un análisis del comportamiento de la demanda energética con un enfoque especial a la demanda de refrigeración dada el alza de la temperatura presente en las ciudades de Santiago y Concepción.

Se realizará un análisis de las tendencias constructivas en cada ciudad, siguiendo una tendencia del uso de la albañilería en ladrillo y tabiquería en madera. El sistema de agrupamiento que representa a ambas ciudades es un sistema aislado de construcción, por lo que se definieron dos modelos de vivienda para realizar el estudio: uno de un piso y otro de dos pisos, combinando el uso de la madera y ladrillo para ambos modelos.

Al calcular los escenarios futuros de los años 2020, 2050 y 2080, la ciudad de Concepción, sería la menos afectada y para reducir el impacto del cambio climático se sugiere la construcción de viviendas en albañilería con etiqueta “A” con modelo de vivienda de un piso. La tendencia de construcción en la ciudad de Santiago es la misma. Por el contrario, la más desfavorable para ambas ciudades es en la vivienda de tabiquería en madera con el modelo de dos pisos, en ambos etiquetados “A” y “E”, ya que presentan sobrecalentamiento en los meses de diciembre, enero y febrero, por lo que en este caso no es relevante la etiqueta. Es debido a todo lo anterior, y con el

afán de dar paso a una posible solución, se propone una selección de materiales y un sistema constructivo en albañilería con un nivel de alta eficiencia.

## **II. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA**

Considerando lo anteriormente expuesto, existe una incidencia directa entre los efectos del cambio climático y del uso de la energía en el sector residencial, ya que los planes de mitigación que se han ido implementando requieren de una inversión e implementación en toda la industria del sector energético. Cabe señalar que se deben generar un mejor vínculo y planes factibles para que los distintos participantes, tales como: ministerios, la sociedad civil, instituciones educativas y por supuesto el sector privado, puedan integrar a las soluciones.

Cada plan de mitigación necesita de la participación de cada uno de los involucrados para que trascienda en hechos concretos. Varios de estos planes están enfocados en medir los impactos, enfocándose actualmente en los nuevos proyectos a ejecutar. Es así como estudios realizados por connotados académicos demuestran los impactos que ha generado el cambio climático, el cual es real y tangible. Analizando y verificando las variantes, hoy todos somos parte de la solución,

A partir de lo anterior, podemos determinar que el no enfrentarlo significara tener repercusiones en el bienestar socioeconómico y, por ende, puede ser considerado como una amenaza para la prosperidad del país. (Stevens et al., 2017).

## **III. RELEVANCIA DEL PROBLEMA**

Actualmente, varios registros estadísticos nos entregan los orígenes de las fuentes de energía utilizadas en Chile, provenientes en su mayoría de energía fósiles, las cuales abastecen la demanda energética que tienen los diferentes sectores. (Minenergía. et al., 2016). No obstante, lamentablemente todo este flujo energético genera grandes contaminantes, tales como los GEI, los que son los principales responsables de generar grandes cambios en el clima. Todo lo anterior, crea un círculo que repercute de manera directa en el problema.

**Grafica 2:** Mapa mental de la problemática.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se aprecia en la Grafica 2, todas las actividades (o efectos de las mismas) son en base a la generación de los gases de efecto invernadero. El Gobierno chileno ha implementado planes de mitigación que pretenden reducir estos GEI, sin embargo, cubrir la demanda energética tendría como consecuencia una especie de causa y efecto, pues al equilibrar o reducir las fuentes fósiles, se podrán controlar gran parte de los gases contaminantes, lo cual beneficiaría directamente la demanda energética en el sector residencial, estableciendo un balance entre los factores.

El estudio realizado tiene como enfoque visualizar el comportamiento de la demanda energética y, en específico, la demanda de refrigeración en el sector residencial. Para ello, se realizaron cálculos con los parámetros, regidos según la exigencia del nuevo sistema de calificación energética para viviendas en Chile (CEV), de exigencia térmica actual (etiqueta E) a dos modelos de viviendas. En ambos modelos, localizados en las ciudades de Santiago y Concepción, se mejora su eficiencia energética alcanzando al etiquetado "A", la cual representa mayor eficacia.

Una vez obtenidos los resultados de la demanda energética actual de cada modelo de vivienda de ambas ciudades, se analizaron diferentes escenarios respecto al cambio climático en los años 2020, 2050 y 2080.

El poder analizar el comportamiento de los modelos de vivienda con la calificación energética CEV y darle un enfoque al caso base que lo define como etiqueta “E” inicialmente y otro con etiquetado “A”, que incluye las mejoras respectivas, nos permite apreciar el modelo con mayor eficiencia. Todo lo anterior, con el propósito de establecer valores cuantificables de la demanda en su situación actual y la modelación de los escenarios poder medir el efecto que tiene el cambio climático en los futuros años 2020, 2050 y 2080, para las ciudades de Concepción y Santiago.

Lo relevante de este estudio, es que nos permite visualizar algunas estrategias para reducir el impacto que tiene el cambio climático en la demanda energética y, como enfoque principal, poder establecer estrategias a través de la materialidad, especialmente en muros. También para medir el impacto que tiene en el confort térmico en la vivienda.

En conclusión, las ciudades analizadas se verán afectadas en sus demandas de calefacción, pues se verá reducida, ya que los inviernos serán cada vez más templados. Por otra parte, la demanda de refrigeración se verá aumentada en verano, debido a las altas temperaturas. Lo anterior, acaece en ambas ciudades analizadas, pero se aprecia de manera más evidente en la ciudad de Santiago. Por consiguiente, se deberá establecer e implementar el modelo más adecuado para cada zona térmica en particular.

#### **IV. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar dos modelos de viviendas representativas para cada ciudad de estudio, Santiago y Concepción, con requerimientos de la normativa chilena, basado en la O.G.U.C. etiquetado con letra “E” y luego se cambiará a un etiquetado “A”. Simulados bajo los escenarios del cambio climático en los años 2020, 2050 y 2080 y así poder establecer las variaciones que tiene la demanda energética debido al efecto del cambio climático, y su variante en la demanda de refrigeración, analizar el comportamiento de cada uno de los modelos para generar propuestas, para realizar las mejoras y justificar cada una de ellas.



## **V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Identificar tipología de vivienda determinada por cada zona y por la Calificación Energética CEV.
- 2.- Establecer un generador de escenarios del cambio climático para los modelamientos dinámicos.
- 3.- Evaluar ambos modelos en un escenario actual y en los años 2020, 2050 y 2080.
- 4.- Analizar las características constructivas susceptibles al cambio climático.
- 5.- Evaluar de los resultados obtenidos, para emitir sugerencias por cada ciudad.

## **VI. HIPÓTESIS**

1.- El impacto del cambio climático ha afectado las condiciones meteorológicas en Chile, sus temperaturas promedio han llegado a 16°C. El promedio que tiene en un periodo normal fluctúa entre 14°C a 15°C, por lo que muestra que el efecto del cambio climático se ha elevado las temperaturas, lo que reduce la demanda de calefacción y aumenta la demanda de refrigeración para viviendas sociales y económicas en la ciudad de Santiago y Concepción.

2.- Las viviendas sociales y económicas son construidas con materiales predominantes como son la madera y la albañilería en las ciudades de Santiago y Concepción, lo cual entregan una base de características térmicas en la vivienda, ya que la madera al tener menos inercia térmica tiende a sobrecalentarse, en cambio la albañilería ocurre el efecto contrario por sus características.

3.- En la ciudad de Santiago actualmente la vivienda tiene mayor demanda energética, que, en la ciudad de Concepción, por lo que el cambio climático se verá más acentuado en la ciudad de Santiago que en la ciudad de Concepción.

## VII. METODOLOGÍA

1.- El estudio iniciará con un diagnóstico del problema, analizando y realizando síntesis del comportamiento del cambio climático a nivel global y local en Chile. Con ello, se definirán también las ciudades de estudio, la recolección de datos estadísticos de las ciudades más incidentes del sector residencial en Chile. Se analizará, los escenarios climáticos presentes y futuros a nivel global y local en Chile. Para ellos se tomarán como base los datos climáticos actuales y se modificarán de acuerdo a los escenarios previstos por IPCC.

2.- Se realizará un proceso de recolección de información de características de las construcciones en la ciudad de Santiago y Concepción, como promedio de superficie, materialidades predominantes, casa o departamento, sistema de agrupamiento, esto será base para definir dos modelos de vivienda para caso estudio.

3.- Se procederá a la fase de experimentación de los datos y se analizará el método de calificación energética de vivienda en Chile CEV, determinando los parámetros térmicos constructivos de las viviendas evaluadas, etiquetando los modelos de viviendas con eficiencia base o de referencia etiqueta "E" y otros de mayor eficiencia etiqueta "A", caracterizando sus parámetros térmicos, tales como aislamiento térmico de la envolvente, superficie vidriada, renovaciones de aire, cargas internas. Todo establecido y definido por la CEV. Se realizará la simulación térmica con software DesignBuilder v5.4.0.21 para medir la demanda energética actual de cada modelo de vivienda y ciudad. Se comprobará su comportamiento ante el cambio climático a través del escenario A2 y los años 2020, 2050 y 2080.

4.- Se analizarán resultados para diagnosticar que casos son los más críticos y en qué ciudad, para modelar la estrategia de masa térmica en la vivienda seleccionada y discutir resultados.

## **1. EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DEMANDA ENERGÉTICA**

Se estudiará el impacto que ha tenido la demanda energética en el sector residencial en Chile actualmente por el efecto del cambio climático, se estudia el cambio climático a nivel global y se analizará el panorama en Latinoamérica y el impacto que ha tenido a nivel local en Chile, las variaciones que ha tenido actualmente y durante los últimos años, para entender de mejor forma el presente estudio.

Actualmente hay varias fuentes de información que registran el historial de las variantes de temperaturas, humedad, vientos su velocidad y sus orientaciones, por lo que todo lo anterior sirve como base para estimar de mejor forma las variaciones que puede tener a futuro el clima. (WeatherShiftTM, n.d.).

### **1.1. PERSPECTIVAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

#### **1.1.1. CAMBIO CLIMÁTICO**

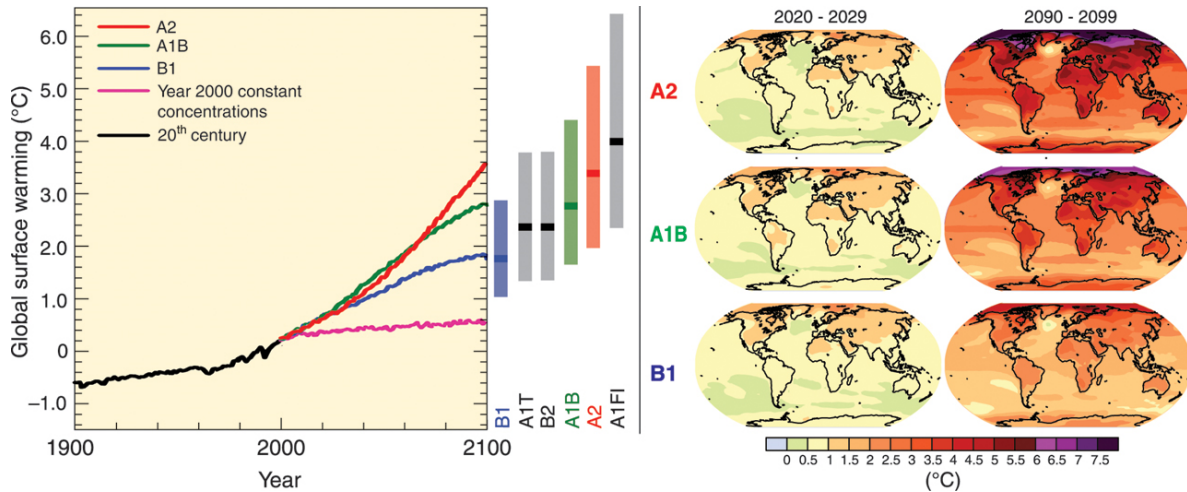
El cambio climático ha modificado de gran manera las temperaturas y humedad entre otros parámetros del planeta, en algunos sectores se han visto más afectados que otros, haciendo de este cambio un efecto heterogéneo, por lo que dependiendo las condiciones de la zona o ciudad así es el nivel de impacto que ha tenido su clima.

El incremento es debido o está considerado por consecuencia la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI). La emisión de estos GEI, especialmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ha sido considerado uno de los que han perjudicado y acelerado el cambio climático. Las grandes emisiones a mediados del siglo XIX, es debido al proceso de industrialización. Y la concentración promedio de CO<sub>2</sub> ha llegado a sus niveles más altos, alcanzando 360 partes por millón (ppm), un 30% por encima del valor preindustrial de 280 ppm. Pero algunas evidencias paleo-ambientales indican que la concentración de CO<sub>2</sub> se mantuvo muy cercana a los 280 ppm durante los últimos 700.000 años. La tasa actual de aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera es pronunciada, y se proyecta que dentro de las próximas dos décadas se duplicara el valor preindustrial (Garreaud, 2011), y los escenarios futuros no son muy alentadores. El IPCC (Panel Internacional sobre Cambio Climático) aclara que, si los gases de efecto invernadero se llegaran a duplicar, influiría directamente en un aumento de la temperatura terrestre entre 1 y 3.5°C.

Gran parte de las emisiones de GEI, están asociadas directamente con el sector de energía, ya que provienen de la combustión de energía fósiles; tales como el gas, petróleo, carbón y leña. (Bustamante, Encinas, Martínez, Brahm, & Ibaceta, 2009).

Existe otra proyección que en los próximos 100 años, según el consenso científico proyecta un alza en la temperatura global entre 1.5 y 4.5°C, (González González & Márquez Nerey, 2008).

**Grafica 3.** Medias multi-modelo y rangos evaluados del calentamiento de la superficie.



**Fuente:** Conde & Gay, 2008.

En la Grafica 3 se puede apreciar los diferentes escenarios del cambio climático que han sido elaborados por diferentes instituciones, siendo el A2 el medio-alto uno de los modelos para generas (Jentsch, Bahaj, & James, 2013) los escenarios más utilizados, para el cálculo del efecto ente el cambio climático.

Algunas de las predicciones del cambio climático a nivel global son; primero es un calentamiento global promedio de las temperaturas, el mejor escenario 2.5°C, diferentes estudios han estimado un incremento promedio de 0,3°C por cada década, siguiendo el comportamiento o el escenario actual. Segundo sería un enfriamiento de la estratosfera, tercero será un cambio moderado en las temperaturas superficial, pero la mayor se dará en las altas latitudes en invierno y menores durante el verano. Cuarto las precipitaciones se incrementaran entre 3% al 15% (González González & Márquez Nerey, 2008). Todas las estimaciones anteriores son escenarios a nivel global.

Gran parte de las emisiones de GEI, están asociadas directamente con el sector de energía, ya que provienen de la combustión de energía fósiles; tales como el gas, petróleo, carbón y leña. (Bustamante, Encinas, Martínez, Brahm, & Ibaceta, 2009).

Todos los datos anteriores definen y son parte del comportamiento general del cambio climático, y que en gran parte del planeta tiende a las altas temperaturas que definen el fenómeno como el calentamiento global, perjudicando en gran parte los factores socio-ambiental.

### **1.1.2. PANORAMA EN LATINOAMÉRICA**

Los cambios que se proyectan en América latina para fines del presente siglo, están basados en los escenarios A2 varía entre aumentos de 2°C y 6°, y que las zonas con vegetación semiárida pueden ser reemplazada por tierra árida. Y pronósticos paralelos también estiman que la extinción de especies y muchas áreas tropicales, y los sectores que tienen clima seco, tales como el centro y norte de Chile, tiende a conducir a una salinización y desertificación de la tierra agrícola. (Álvarez Conde, 2007).

En Latinoamérica el cambio climático tendrá un efecto balanceado entre negativo y positivo, durante las últimas décadas se han registrado un aumento en las lluvias en las zonas ubicadas en el sur de Brasil, Uruguay, Ecuador y noreste de Perú, pero se ha visto en otros sectores se han visto reducido tales como en centro-sur de Chile, sudoeste de Argentina y sur de Perú. También se han registrado muchos eventos extremos con una mayor frecuencia, y se han registrado en diferentes sectores, así como noches más cálidas. (Magrin & Travasso, 2007).

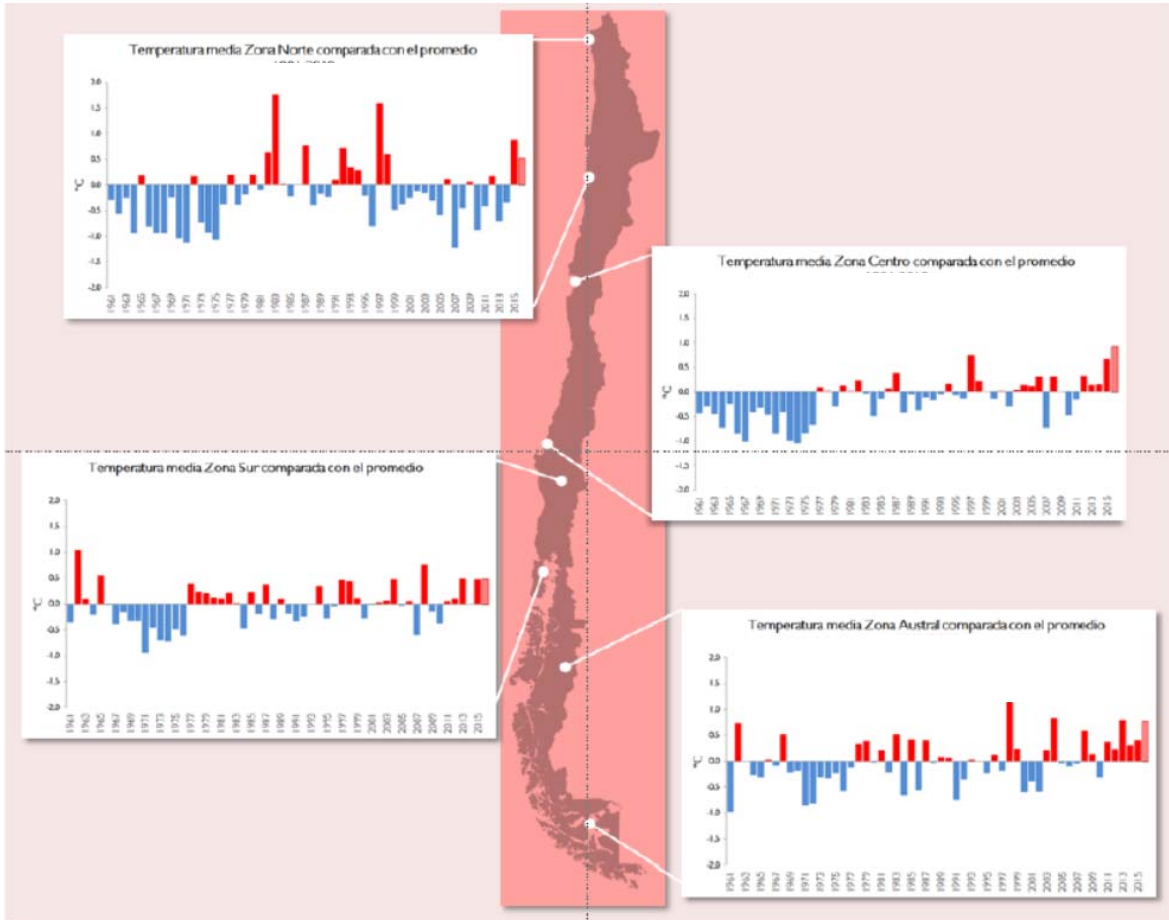
Todos los gobiernos deben desarrollar políticas públicas a favor de reducir el cambio climático, ya que los efectos que ha tenido, muestran que un gran daño en diferentes sectores económicos, tales como la agricultura, ganadería, forestal, entre otras, por lo que son diversos los impactos que tiene estos cambios que ha tenido el clima, y por lo tanto es necesario asumir una responsabilidad de todos los gobiernos, sociedad y empresarios. Para dar soluciones más integrales, logrando la participación de todos los actores relevantes para hacer ciudades más sostenibles y de bajo impacto a nuestro medio ambiente.

### **1.1.3. PANORAMA CHILE**

Chile ha sufrido variaciones en su clima, llegando a ser un poco más cálido. En el año 2016 presento un alza en el promedio anual de 1.3°C, siendo la más alta de la época preindustrial, por lo

se infiere que en Chile también ha sido afectado por el cambio climático. Esta anomalía ha sido una de la más altas registradas desde hace 56 años, teniendo un récord de valor de temperatura promedio anual de 16.7°C para ese año. Además, la temperatura mínima también aumento, marcado como uno de los años más cálidos. (Oficina & Climático, 2016).

**Grafica 4:** Variaciones de la temperatura media en Chile.

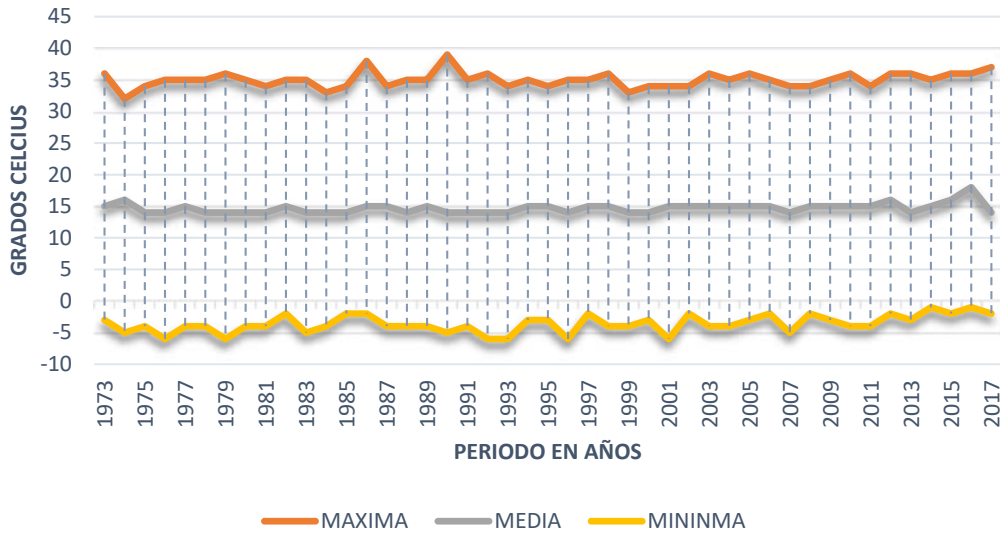


**Fuente:** Oficina & Climático, 2016.

En la Grafica 4 se aprecian las variaciones en la temperatura que ha tenido Chile en sus diferentes zonas; tales como las zonas Norte, Centro, Sur y Austral, mostrando la dinámica de la temperatura media en Chile por cada año, desde el periodo de 1961-2016. Se muestra además variaciones entre los peak de las temperaturas mínimas, los cuales se ven al inicio del periodo mencionado. Pero en los últimos años, se muestra una tendencia general a las altas temperaturas. En el último periodo se puede observar el alza de las temperaturas máximas, las cuales han sido más recurrentes, para las zonas centro, sur y austral, pero para la zona norte se puede apreciar que tiene

también peak en las temperaturas mínimas, por lo que se puede apreciar que en cada zona ha sido afectada de forma diferente, y no de forma homogénea, por lo que el fenómeno o las variaciones, son heterogéneas según cada ciudad. (Oficina & Climático, 2016).

**Grafica 5:** Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Santiago



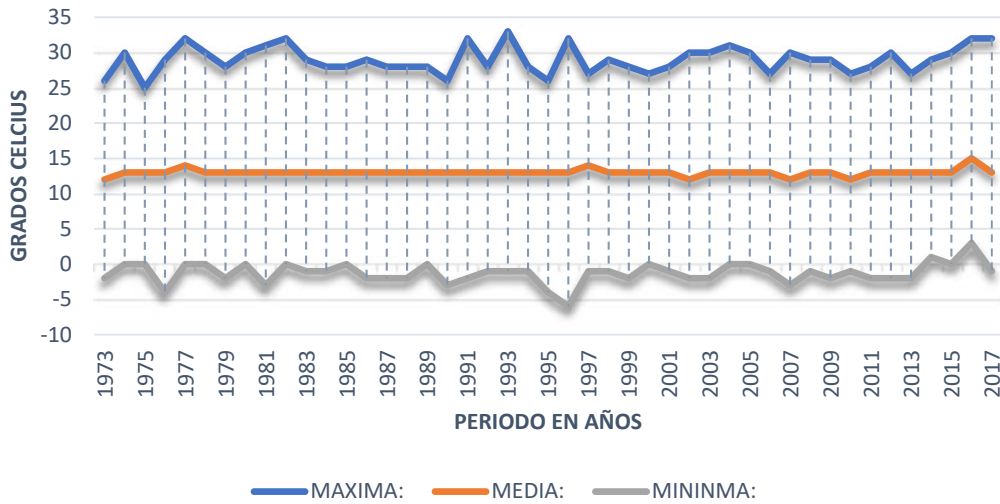
**Elaboración:** Propia.

**Fuente:** Estación meteorológica: Aeropuerto Arturo Merino Benítez, 2017.

La Grafica 5 muestra el comportamiento de las temperaturas máximas, medias y mínimas, las cuales son temperaturas promedias de cada año en la ciudad de Santiago. En el periodo desde año 1973 hasta el 2017, se puede apreciar el peak de las altas temperaturas, las cuales se han dado en el año 1990 llegando a 39°C, y en el año 2017 llego otra temperatura extrema de 37°C, mientras el peak de las temperaturas medias de dio en el año 2016 llegando a 18°C, mientras que el peak de las temperaturas mínimas se puede apreciar en varios años, tales como: 1976, 1979, 1992,1993, 1996 y 2001 alcanzando -6°C y desde hace 17 años que no llega a ese peak de temperaturas. Por lo que se observa ha habido un aumento de manera paulatina en los últimos años, variando las temperaturas -1 y -3 las más recurrente, en el último periodo.



**Grafica 6:** Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Concepción.



**Elaboración:** Propia.

**Fuente:** Estación meteorológica: Aeropuerto Carriel Sur.

La Grafica 6 se puede apreciar las variaciones de las temperaturas en la ciudad de Concepción, entre los años 1973 y el 2017. Donde se puede observar los peak de las temperaturas máximas en el año 1993 llegando a 33°C, y en las temperaturas medias sigue un patrón de variaciones más homogéneas, alcanzando el peak más alto en el año 2016 llegando a 15°C. Y con respecto a las temperaturas mínimas se aprecia un peak más altos en el año 2016 llegando a 3°C.

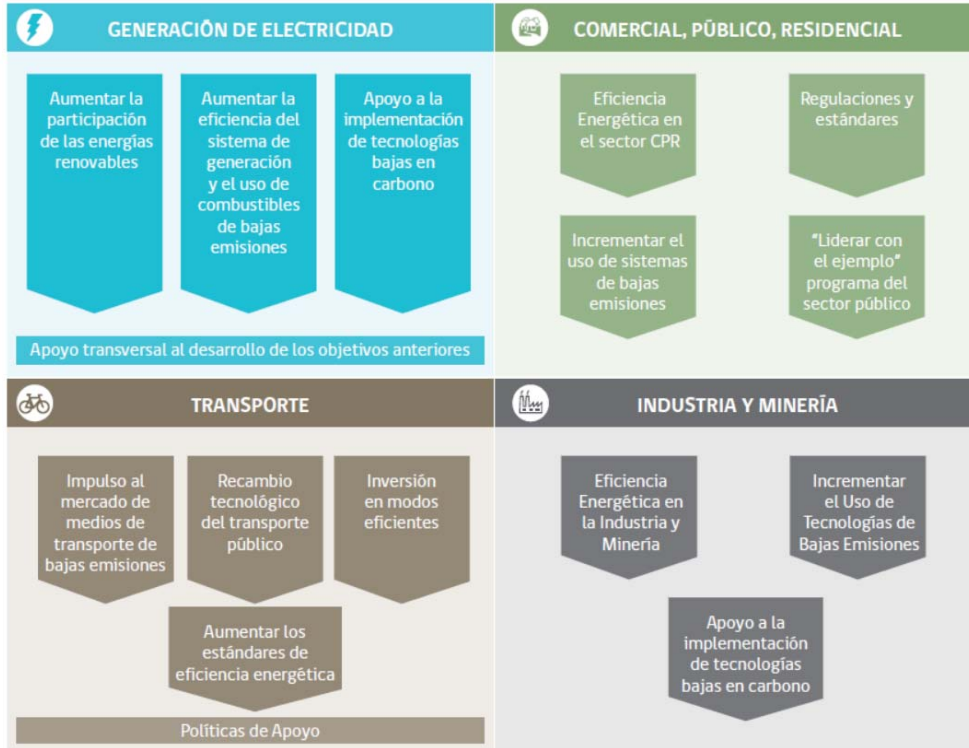
Toda la información anteriormente mencionada se logra deducir y resumir, que en los últimos años se han presentado todas las alzas de las temperaturas, lo cual solo valida la teoría del cambio climático y la tendencia al aumento de las temperaturas en Chile.

## 1.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA CHILE

El gobierno de Chile ha implementado diferentes estrategias para reducir las fuentes de energía fósiles y disminuir su demanda, por lo que ha creado el plan de acción nacional de cambio climático, donde quiere implementar acciones de mitigación en el sector energía, bajo el acuerdo de Paris, que fue ratificado en el año 2017. Y como primer compromiso es la reducción del 30% en la emisión de GEI para el año 2030, respecto a lo emitido en el año 2007, que es el año de referencia.(Esposito, Randazzo, Galeone, Varra, & Mayol, 2004).

El ministerio de energía es el encargado de elaborar e integrar estos procesos, para desarrollar políticas de energía nacional, todo esto lo han ido desarrollando con diferentes consultores internacionales y nacionales, para adaptarlo e implementarlo a los diferentes sectores.

**Figura 1:** Paquetes de medidas para la reducción de gases de efecto invernadero.

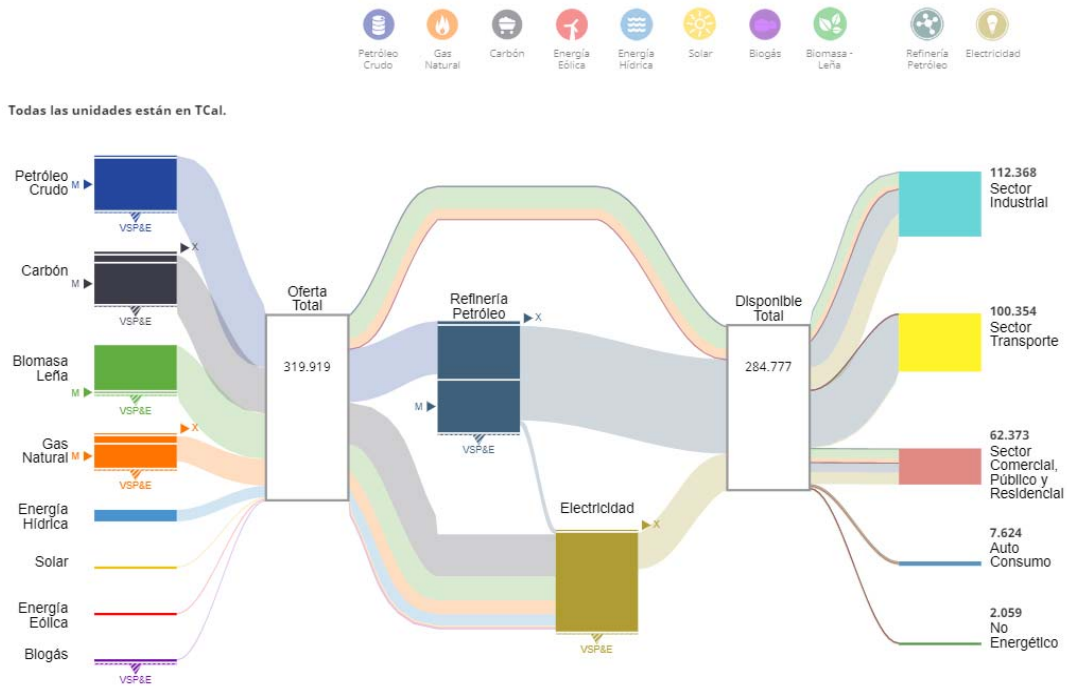


**Fuente:** Plan de mitigación de gases de efecto invernadero para el sector energía, 2017.

La Figura 1 muestra en forma resumida los planes de mitigación, desde la generación de fuentes energéticas, hasta la demanda de cada sector, por lo que el sistema de calificación energética de vivienda, se encuentra en la sección de regulaciones y estándares, que permite establecer un sistema de medición de la demanda energética de las viviendas en Chile.

El ministerio de energía es el encargado de elaborar e integrar estos procesos, para desarrollar políticas de energía nacional, todo esto lo han ido elaborando con diferentes consultores internacionales y nacionales, para adoptar o implementar medidas que puedan abarcar diferentes sectores.

**Grafica 7:** Balance nacional de energía en Tera calorías, diagrama de flujo general, año 2016.

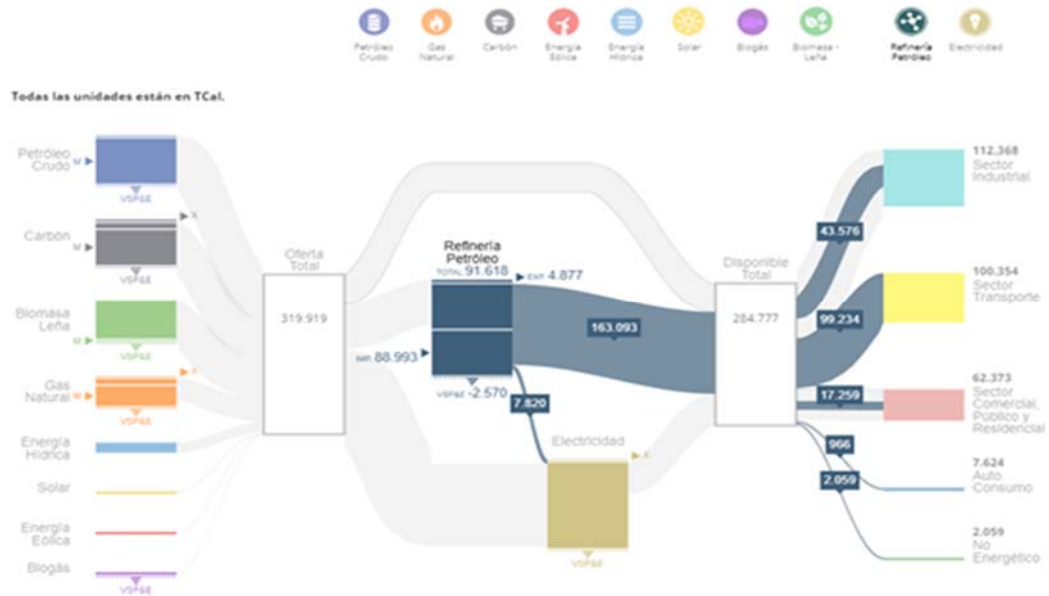


**Fuente:** Minenergia. et al., 2016.

La Grafica 7, se observa un diagrama de flujo de energía, mostrando todas las fuentes y el sistema interconectado de distribución a los diferentes sectores, tales como industrial, transporte, comercial-público, residencial, autoconsumo y no energético. El sector que se analizara está integrado al sector Comercio-publico residencial, el cual tiene un consumo total para este sector de 21,90% del total, por lo que tiene una gran incidencia en la reducción de la demanda energética, y al ser un sector que este abastecido gran parte de recursos de energías fósiles, tales como la biomasa-leña, lo cual lo hace de gran generación de GEI, siendo muy relevante reducir esta demanda.

Se puede apreciar además todo el sistema que opera en Chile, los flujos y procesos que tienen la fuente para integrarse y hacer entrega de energía a los diferentes sectores, y se visualiza el gran desafío que tiene Chile para alcanzar las diferentes metas, y que los planes de mitigación sean transversales, y que se mantengan en el tiempo. (Minenergia. et al., 2016).

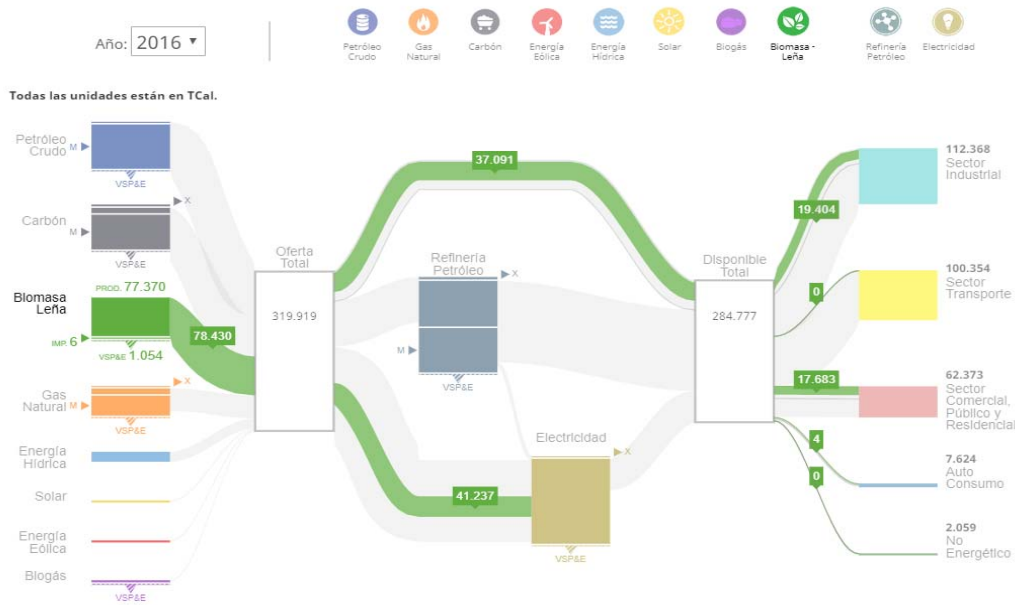
**Grafica 8:** Diagrama de flujo de energía de refinería petróleo, 2016.



**Fuente:** Minenergia. et al., 2016.

La Grafica 8 marca el flujo del petróleo y sus derivados hacia los diferentes sectores, este es un punto muy relevante para el plan de mitigación que está implementando el gobierno, siendo el sector residencia el tercer sector de distribución.

**Grafica 9:** Diagrama de flujos de energía biomasa-leña, 2016.



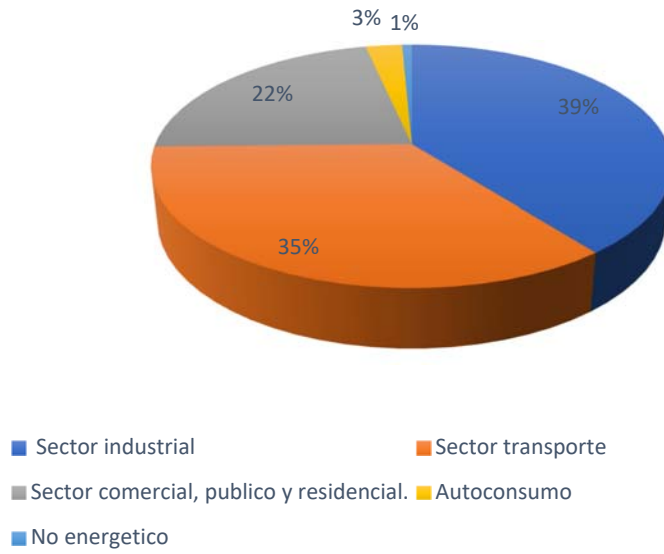
**Fuente:** Minenergia. et al., 2016.

La Grafica 9 muestra el uso del recurso biomasa-leña, la cual el sector residencial es el segundo en demandar este recurso. Del balance nacional de Chile para el año 2016, se puede apreciar que el sector comercial público y residencial representa el 47.67 % del total de la demanda de energía biomasa-leña del balance país, por esto es relevante e importante estudiar el comportamiento de este sector, ya que la demanda energética en el sector residencial tiene gran importancia, y el comportamiento en el tiempo es de gran relevancia para establecer políticas de mitigación de gran impacto para este sector. (Minenergia. et al., 2016).

Por lo que se aprecia, los recursos más utilizados en estos sectores es el Biomasa-leña, siendo un gran problema en los sectores de zonas saturadas o con restricción, estando el sector comercial, público y residencial el segundo sector que más demanda de este tipo de recurso, y en el total de la demanda del sector comercial-público y residencia es cubierta en un 28.35% del recurso biomasa-leña distribuido en su sector.

El uso de los recursos no renovables, como el petróleo y biomasa-leña, son grandes generadores de contaminantes de emisiones de gases de efecto invernaderos y generadores de otros contaminantes de particulado, degradando nuestro ecosistema.

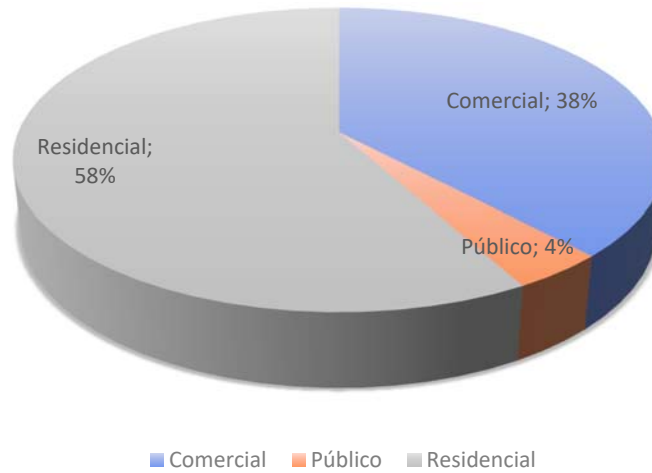
**Grafica 10:**Distribución energía por sector, Chile.



**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos Ministerio de Energía, 2016.

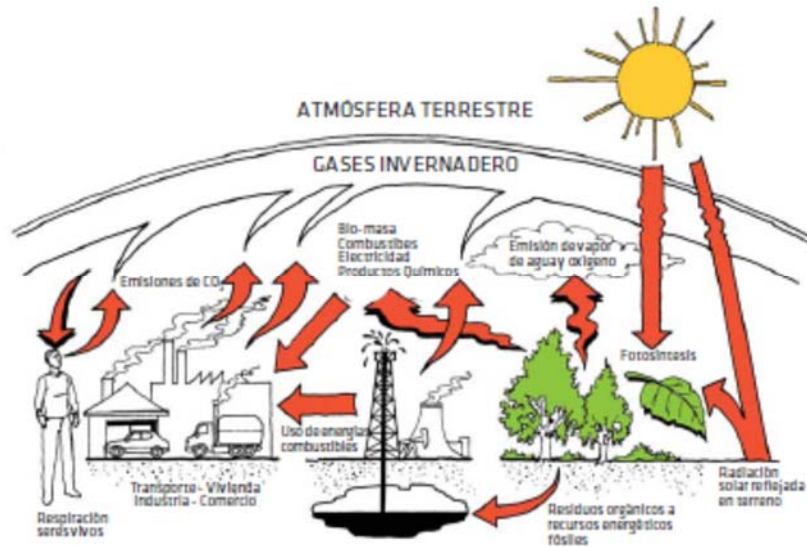
La Grafica 10 muestra la distribución de energía que tienen en el sector público, comercial y residencial. Siendo el residencial unos de los más incidentes, alcanzando el 22% en el año 2016, por lo que es parte importante en el plan de mitigación energética que está implementando el gobierno de Chile. Y va ser el punto para analizar el comportamiento de la demanda energética ante el cambio climático, y poder cuantificar el impacto que esta demanda tendría en un largo plazo. Las políticas están enfocadas en la demanda actual y se están enfocando en medir y mitigar esta, pero el enfoque de este estudio es mantener controlada la demanda energética en un largo plazo y tener estimaciones del comportamiento y sus mejoras para poder lograr una reducción en un periodo superior. (Minenergia. et al., 2016).

**Grafica 11.** consumo de energía sector público, comercial y residencial.



**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos Ministerio de Energía, 2016.

El sector residencial predomina en un 58% del consumo como muestra la Grafica 11, tiene gran relevancia dentro de este, por lo que el gobierno tiene implementado diferentes planes de mitigación ya que este sector es abastecido por energía de biomasa-leña y derivados del petróleo, siendo estos grandes fuentes contaminantes y emisores del GEI.



**Figura 2:** Flujo de emisiones de CO2 a la atmósfera.

**Fuente:** G et al., 2009.

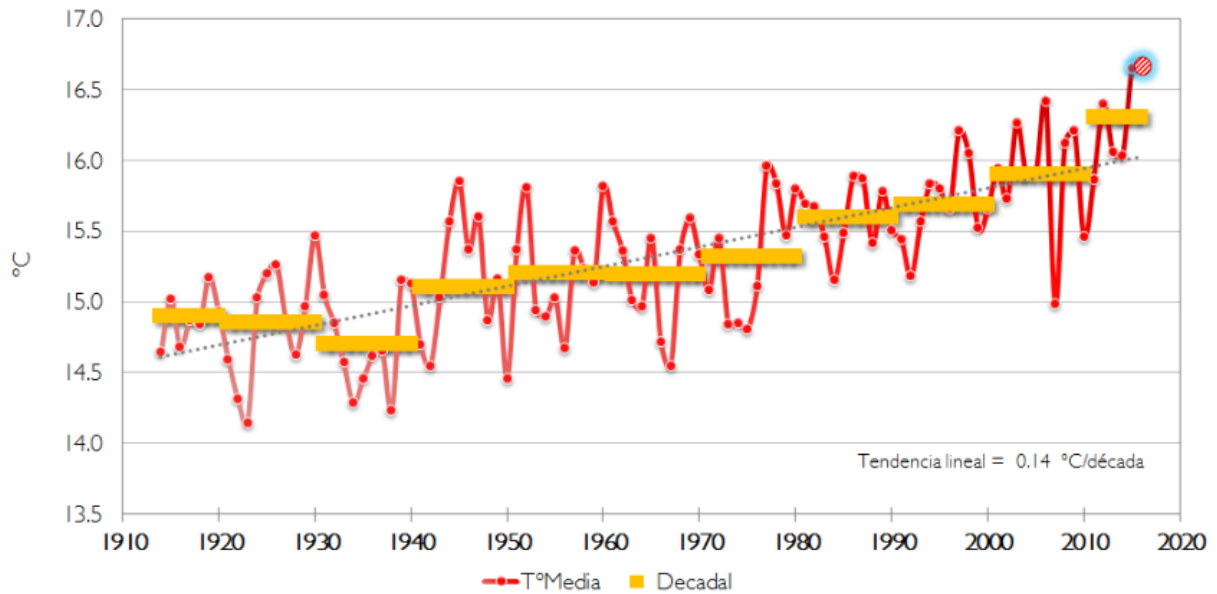
La Figura 2, se puede apreciar las diferentes emisiones de todos los sectores y fuentes. Las emisiones están claramente asociadas a los sectores de energía, por la combustión de energías fósiles, es una característica de los países desarrollados e industrializados. Por lo que estamos

cercanos a puntos de inflexión o de quiebre, situaciones no pronosticadas y no lineales que pueden desatar mayores catástrofes ecológicas. (Bustamante et al., 2009).

Los cambios que ha tenido el clima, se puede afirmar según lo analizado, que están repercutiendo en la demanda energética de las viviendas en Chile, por lo que se analizan el historial de temperaturas de las ciudades más incidentes o relevantes para este estudio, que son las comunas de Santiago y Concepción representando gran parte del complejo residencial, y ambas comunas han sido afectadas, en la Grafica 5 y Grafica 6 se puede apreciar que una más acentuada que la otra. a.

En las tablas de temperaturas anteriormente mencionadas sirve para validar datos registrados en los últimos 45 años y las variaciones que han tenido las temperaturas en las ciudades de Santiago y Concepción, por lo que los análisis de comportamiento se han extremado, subiendo las temperaturas máximas y reduciendo las temperaturas mínimas. Por lo que se puede constatar datos o escenarios futuros, para corroborar la información.

**Grafica 12 :** Temperatura mínima anual Santiago, periodo 1914-2016.



**FUENTE:** Resumen Climático Chile - 2016, 4-8. (Oficina & Climático, 2016).

En la Grafica 12, se puede apreciar que en Santiago sigue la tendencia mundial al aumento de temperatura, la tendencia lineal de 0.14°C por década, tanto en las extremas como en la temperatura media. Los últimos 6 años el promedio de la temperatura alcanzo 16.3°C, mientras que



durante el periodo 2001-2010, la temperatura promedio 15.9°C, es decir en menos de 20 años la temperatura presentó su salto más significativo desde hace 100 años (Oficina & Climático, 2016).

### 1.2.1. EXIGENCIA TÉRMICA NACIONAL

En Chile existe tres grandes etapas que marcan la exigencia térmica en el país, el primer periodo que está definido antes del año 2000, donde las viviendas no tienen ninguna exigencia térmica, la segunda esta se define cuando el gobierno de Chile por medio del MINVU establecido en el artículo 4.1.10 de la O.G.U.C. y sale publicada en marzo del año 2000, y es el requisito que regulaba la exigencia térmica en techumbre. En el mes de abril del 2007 publican la nueva reglamentación, donde inicia la exigencia térmica para cubiertas, muros, pisos ventilados y ventanas en los proyectos de viviendas nuevas, esta norma rige actualmente. El Minvu actualmente tiene en proceso desde año 2012 y de forma voluntaria el sistema de calificación para viviendas CEV, la cual espera varios efectos relevantes en la sociedad, como reconocer o diferenciar el tipo de vivienda, estimular el bajo consumo energético como una inversión valor futuro del inmueble y a comprometerse con el medio ambiente al reducir las emisiones de carbono, como plan país. (Est, Para, & Residenciales, 2018).

Normas térmicas aplicadas en las zonas de estudio, será extraída de la O.G.U.C. según la norma térmica Chile está regulada e implementada desde el año 2007 para muros, techumbre y pisos ventilado, definida en el artículo 4.1.10. según los siguientes parámetros, los cuales están establecidos según la ubicación de la zona térmica.

**Tabla 1:** Exigencia térmica en Chile, O.G.U.C.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/M <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup> K/W	W/M <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup> K/W	W/M <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup> 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 *	<b>0,47</b>	<b>2,13</b>	<b>1,9</b>	<b>0,53</b>	<b>0,70</b>	<b>1,43</b>
4 *	<b>0,38</b>	<b>2,63</b>	<b>1,7</b>	<b>0,59</b>	<b>0,60</b>	<b>1,67</b>
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

**Fuente:** O.G.U.C. art. 4.1.10, MINVU, 2017.

En Tabla 1 se puede apreciar las exigencias térmicas mínimas para las zonas 3 y 4<sup>1</sup>. En la zona 3 se puede apreciar que en muro la exigencia mínima de la transmitancia térmica debe ser no superior de 1,9w/m2k y para la zona 4 debe ser no superior a 1,7w/m2k. y para el elemento de techumbre la exigencia mínima para la zona 3 es de 0,47w/m2k y para la zona 4 la mínima es de 38w/m2k. por lo que estos parámetros térmicos nos servirán para establecer la demanda energética de una vivienda base según la CEV.

**Tabla 2:** Exigencia de superficie vidriada por cada zona, O.G.U.C.

VENTANAS			
ZONA	% MAXIMO DE SUPERFICIES VIDRIADA RESPECTO		
	A PARAMETROS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE		
	VIDRIO MONOLITICO	DOBLE VIDRIADO HERMETICO	
		3.6W/M2k≥U> 2.4 W/m2K	U≤ 2.4 W/m2K
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
<b>3 *</b>	<b>25%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>
<b>4 *</b>	<b>21%</b>	<b>60%</b>	<b>75%</b>
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

**Fuente:** O.G.U.C. art. 4.1.10, MINVU, 2017.

En la Tabla 2 se puede apreciar que para la zona 3 y 4 la exigencia máxima de superficie vidriada con vidrio monolítico, en la zona 3 permiten un máximo de 25% y la zona 4 con un máximo de 21%, los cuales se puede aumentar si se utiliza un vidrio doble hermético con una transmitancia mínima de 3.6 w/m2k. Todos estos parámetros serán establecidos en los modelos bases. (Minvu, 2017b).

### 1.2.2. SISTEMA DE ETIQUETADO DE VIVIENDAS

La Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV) es un instrumento diseñado en el año 2012 por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en conjunto con el Ministerio de Energía y que busca mejorar la calidad de vida de las familias, midiendo la demanda energética, a través de la entrega de información objetiva y estandarizada.

<sup>1</sup> \*Zona 3 para la comuna de Santiago y \*Zona 4 para la comuna de Concepción.

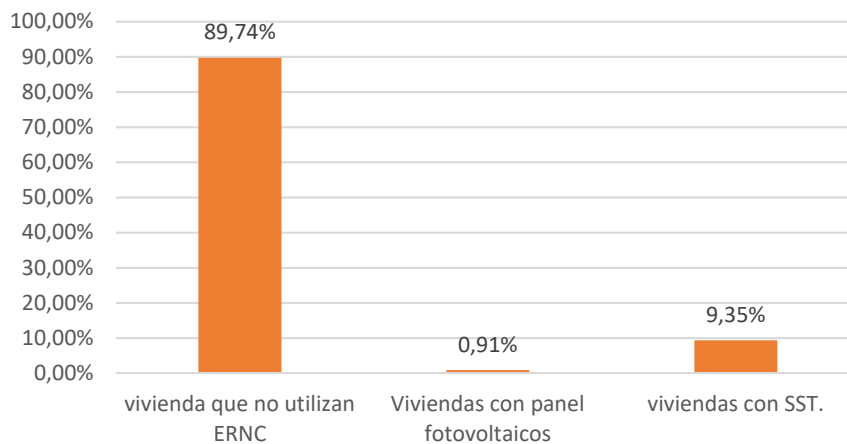
El Minvu publica la resolución exenta 8016 con fecha 7 de noviembre del 2013 y la última modificación según resolución exenta No. 0811, con fecha 12 de febrero 2018, donde aprueban y actualizan el manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile, volumen 2. (Est et al., 2018).

El objetivo de CEV es implementar políticas habitacionales con un enfoque de ciudades más equitativas, integradas y sustentables. Así Chile puede avanzar en sustentabilidad y eficiencia energética, para diversificar la matriz energética y con ello contribuir a la disminución del impacto ambiental. Todo es parte de la política energética nacional (PEN), y con ello elaboraron un plan de mitigación de GEI para el sector energía.(Stevens et al., 2017).

Tiene como enfoques y metas implementar un plan de mitigación; para el 2035 reducir las emisiones GEI en un 30% total del país, implementar en paralelo a los otros sectores una reducción del 60% el uso de energías renovables y para el 2050 alcanzar el 70% de energías renovables. Para ello tiene cuatro pilares fundamentales; calidad y seguridad de suministro, energía como motor de desarrollo, energía compatible con el medio ambiente, eficiencia y educación energética. (Stevens et al., 2017).

En la actualidad el sistema CEV es de forma voluntaria, a la fecha se han calificado 33.414 viviendas, las cuales tienen el siguiente compendio estadístico (Energía, 2017), las viviendas que se han etiquetado a la fecha, la mayoría no está implementando utilizando ERNC, como se puede ver en la Grafica 13, pero se aprecia que el que el SST, es uno que esta levemente utilizado.

**Grafica 13:** Uso de equipos en viviendas con etiqueta.



**Fuente:** Elaboración propia, con datos Energía, 2017.

Capítulo 1. Efecto del cambio climático en la demanda energética.

La calificación energética tiene actualmente una escala que define el porcentaje de ahorro que tiene la nueva vivienda respecto a una vivienda base o de referencia que determino la CEV, como se puede apreciar en las Grafica 14 y Grafica 15, se puede ver la escala grafica que utilizan de referencia y en el etiquetado se puede apreciar información más detalladas de la demanda energética, las cuales están valoradas en kwh/m2 año y separadas en calefacción y enfriamiento, por lo que ese cambio en el etiquetado es muy favorable ya que con el cambio climático y el enfriamiento es parte relevante del estudio. (Est et al., 2018).

Más eficiente	Ahorro Energético	
	≤	>
A+	100%	85%
A	85%	70%
B	70%	55%
C	55%	40%
D	40%	20%
E	20%	-10%
F	-10%	-35%
G	-35%	-
Menos eficiente		



**Grafica 14:** Escala grafica CEV, 2018.  
**Fuente:** Manual CEV, 2018.

**Grafica 15 :** Etiqueta de calificación energética de vivienda CEV, 2018.  
**Fuente:** Manual CEV, 2018.

En la Grafica 14 detalla la letra con la que califican las viviendas de manera opcional, la exigencia actual alcanza a calificar con la letra “E”, que es la vivienda que cumple con la exigencia térmica actual en Chile, por lo tanto la definen como vivienda base o de referencia. Y con ello parte la medición de las viviendas y los parámetros de mejorar para las futuras viviendas. El etiquetado tiene

dos etapas la Precalificación y la calificación, la última se entrega cuando la obra está terminada y recepcionada por la dirección de obras municipales.

El etiquetado marca tres grandes indicadores; los cuales se definen primero el porcentaje de ahorro, donde mide en porcentaje de la mejora que tienen la vivienda en base a los requerimientos de calefacción, enfriamiento e iluminación. Segundo el nivel de eficiencia energética que está definida por la letra, que muestra de manera ilustrativas la escala que parte de una “G” hasta la “A”+ y siguiendo el mismo orden establece la menos eficiente hasta la más eficiente. El tercer indicador detalla el requerimiento de la demanda de en Kwh/m<sup>2</sup> año de calefacción y enfriamiento, (Est et al., 2018).

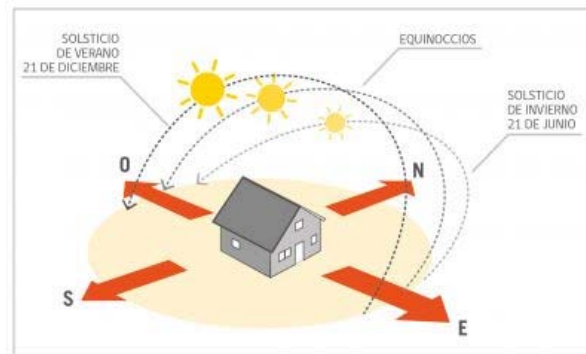
La calificación Energética analiza los siguientes elementos de la demanda energética en la vivienda:

1. ENVOLVENTE TÉRMICA:
  - a. Transmitancia térmica.
  - b. Inercia térmica.
  - c. Puentes térmicos.
2. RADIACIÓN:
  - a. Factor de asoleamiento de ventanas.
  - b. Orientación y superficie de ventanas.
  - c. Factor solar del vidrio.



**Grafica 16:** Muestra la incidencia de sobrecalentamiento a través de protecciones en ventanas.

**Fuente:** Minvu, 2018.



**Grafica 17:** Orientación de la vivienda.

**Fuente:** Minvu, 2018.

3. CARGAS INTERNAS.

4. RENOVACIÓN DEL AIRE:
  - a. 4.1 Ventilación mecánica
  - b. 4.1.2 Ventilación pasiva o natural
  - c. 4.1.3 Ventilación MIXTA
  - d. 4.2 Infiltraciones.
5. COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS EQUIPOS DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA.
6. INCORPORACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES. (ERNC).

La definición de cada uno de los elementos está establecida en el manual de la CEV, los cuales se define en forma gráfica y escrita.

En la Grafica 16 y Grafica 17 muestra la trayectoria del sol respecto a la orientación de la vivienda, para establecer estrategias de protecciones solares.

Para caracterizar la vivienda de estudio, se realizará un pequeño análisis de las viviendas etiquetadas con CEV en todo Chile, para analizar las características más relevantes por zona o ciudad.

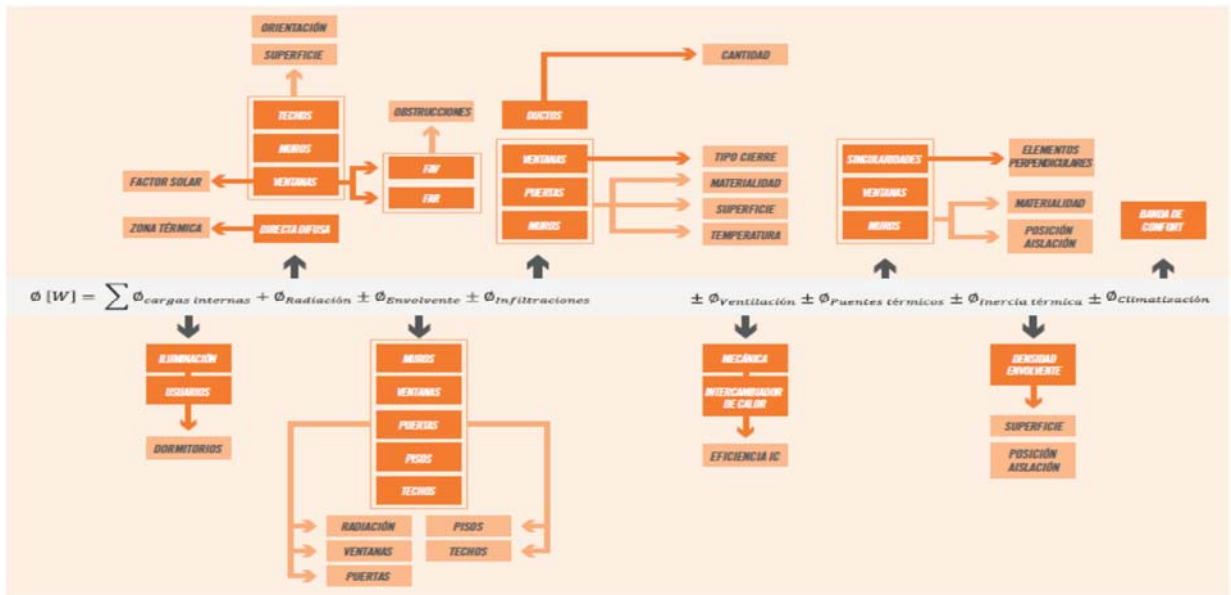
Para modelar actualmente se utilizan las planillas de balance térmico dinámico, las cuales se carga toda la información térmica de la vivienda de estudio, se debe de seguir las instrucción del manual (Est et al., 2018), para poder etiquetar la vivienda, lo cuales se utilizan las PBDT y está compuesto de tres archivos de extensión Excel, 01. PBDT Datos de arquitectura, se ingresan las transmitancias térmicas de los muros, pisos, ventanas, puertas y obstrucción. 02. PBDT Motor de cálculo demanda de energía, con el cual se genera el cálculo. 03. PBDT Datos de equipos y resultados, se carga el tipo de equipo utiliza la vivienda y se cargan los resultados finales del etiquetado.

El motor de cálculo genera un balance energético de las cargas de energías positivas y negativas para arrojar los resultados, por lo cuales debe se puede apreciar en la Figura 3 esto permite visualizar cuales, con las cargas positivas o negativas térmicas, y con eso establecer estrategias según sea cada caso.

La Figura 3 muestra un balance energético, mostrando los parámetros térmicos que permite equilibrar la demanda energética, tales como cargas internas, radiación, envolvente, infiltraciones, ventilación, puentes térmicos, inercia térmica y climatización, algunas pueden

generar un aporte positivo o negativo según sea la estación, tal como la ventilación puede ser perdida en invierno pero en verano es un aporte positivo al balance térmico.

Esto ayuda a diseñar de mejor forma las estrategias en base a las condiciones térmicas que manifieste la vivienda, tal como una alta demanda en refrigeración o de calefacción, se podrá visualizar una estrategia respecto al balance térmico que pueda generar un aporte.



**Figura 3:** Diagrama de variables y subvariables asociadas el flujo térmico.

**Fuente:** Manual CEV, 2018.(Est et al., 2018)

La Figura 3 muestra el balance energético utilizado por el sistema de calificación CEV para calcular la demanda energética de la vivienda, las cuales establece sumatoria de energía positiva o negativa según sea el elemento, (Est et al., 2018).

El sistema CEV, nos va permitir evaluar los requerimientos térmicos de las viviendas y nos va establecer los parámetros, para establecer los modelos en el clima actual, facilitando modelar los escenarios futuros.

### 1.2.3. ZONIFICACIÓN TÉRMICA

En el nuevo sistema de calificación en la versión V2.1, han modificación de las zonas térmicas, sectorizando en seis grandes zonas:

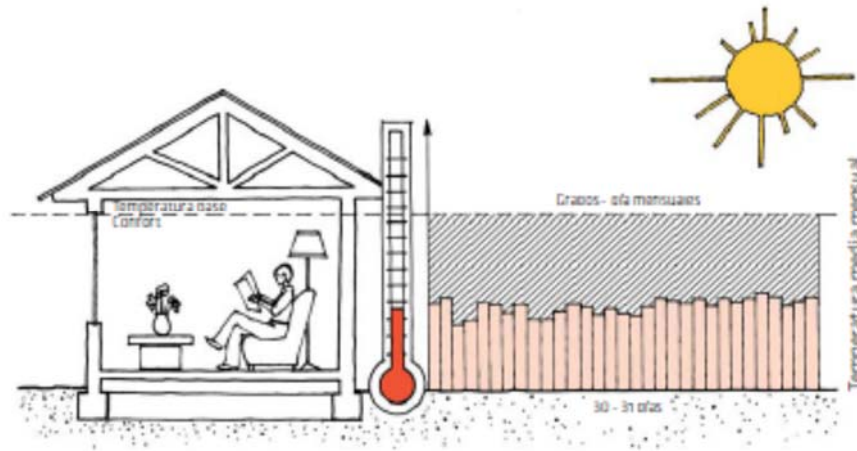
- 1.-Norte grande: Regiones Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta.
- 2.-Norte chico: Regiones de Atacama y Coquimbo,







Grafica 18: Grados días



Fuente: Bustamante et al., 2009.

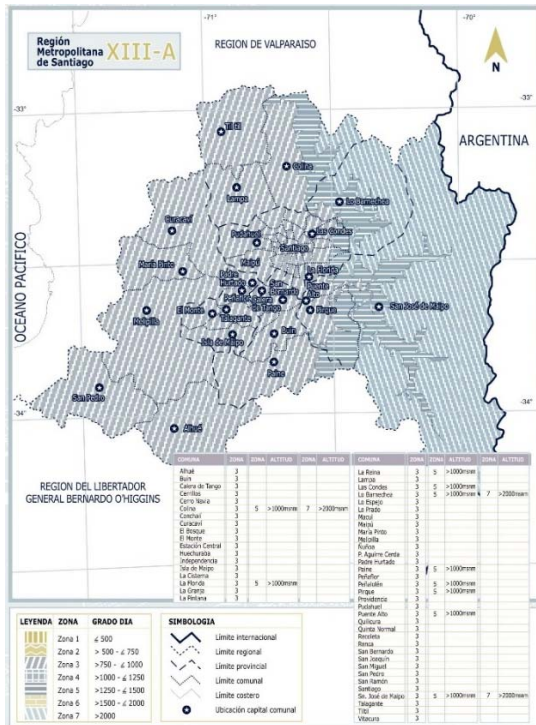


Figura 6. Mapa de zonas térmicas región Metropolitana de Santiago.  
Fuente: Cartografía Mideplan, Minvu, 2018.

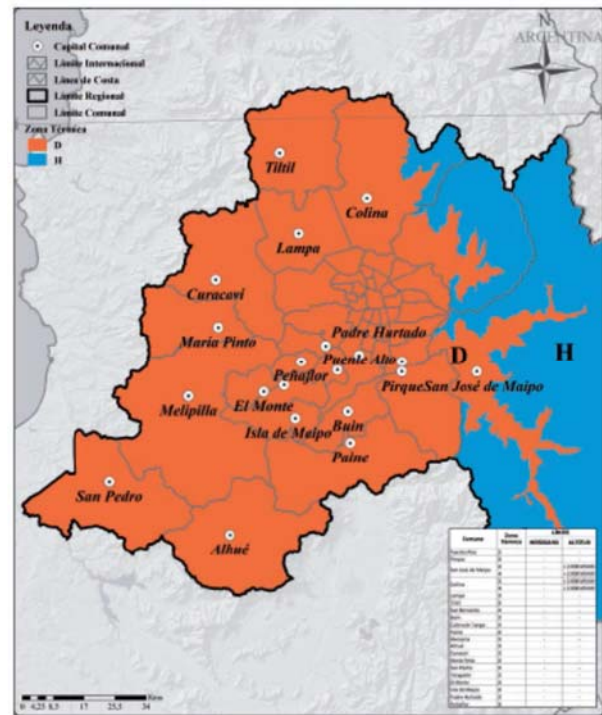


Figura 7. Mapa de zonas térmicas región Metropolitana de Santiago, modificado CEV.  
Fuente: Manual CEV, 2018.

En la Figura 6, también se puede apreciar las diferentes zonas climáticas la región metropolitana, definida en tres grandes zonas 3, 5 y 7, según sus grados días. En la Figura 7, se puede apreciar que la nueva propuesta de zona térmica para la región metropolitana definida por

el CEV, el cual define dos grandes zonas térmicas, compuesta por “D” y “H”, según su ubicación respecto a su altitud y meridiano. (Est et al., 2018).

Para efectos de este estudio y para calificar los casos de estudio se define la zona térmica “D” para analizar a Santiago. Y poder determinar su demanda bajo esta ubicación.

Para la exigencia actual se determinará en base al mapa actual térmico, y para calificar las viviendas se respetará la nueva zona térmica propuesta por CEV. Y en las planillas de balance térmico que permite modelar y etiquetar los casos de estudio se hace referencia a este conocimiento.

En resumen, se puede sintetizar la información que el cambio climático ha tenido grandes incrementos en periodos cortos de tiempos, aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> llegando a 360ppm., siendo que el registro base de 280ppm en el periodo preindustrial.

Y ciudad de Santiago tiene un registro de un aumento en las temperaturas promedio y mínimas durante el periodo de 1973 a 2017 por lo que cada vez las mínimas se ven cercana a los 0°, y en las temperaturas altas tienen más variaciones con una tendencia a subir, pero a un ritmo variado como se observa en la Grafica 5. En Concepción también se puede apreciar la tendencia a las altas temperaturas como se detalle en la Grafica 6, se puede apreciar también el ritmo variado de las máximas, pero en la temperaturas promedio se ve que en los últimos años se ha visto afectada, tal como pasa con la temperaturas mínimas que hay registros que superan los 0°.

Todo lo anterior refleja el efecto que tienen los GEI, el aumento tiende al cambio climático, resaltado en el alza de temperaturas, por lo que el gobierno de Chile esta implementado un plan de mitigación y como meta a mediano plazo es reducir en un 30% estas emisiones para el año 2030, reduciendo las fuentes de energías fósiles predominantes en el país, tales como petróleo, carbón y biomasa-leña, sustituyéndolas por fuentes de energía renovables.

Parte del plan de mitigación, integran un sistema de medición de la demanda energética en viviendas CEV, que viene en beneficio ya que la nueva versión 2.1 donde integran la medición de refrigeración y calefacción, mostrando el porcentaje de horas en disconfort y el ahorro de energía por tipo de etiqueta de la vivienda, por lo que permite una mejor visualización para las personas, un mejor registro de datos de la demanda. Toda la información recolectada nos permitirá orientar de mejor forma las condiciones térmicas e intuir de mejor forma las estrategias pasivas.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE ZONA ESTUDIO, CASOS ESTUDIO Y ESCENARIOS FUTUROS

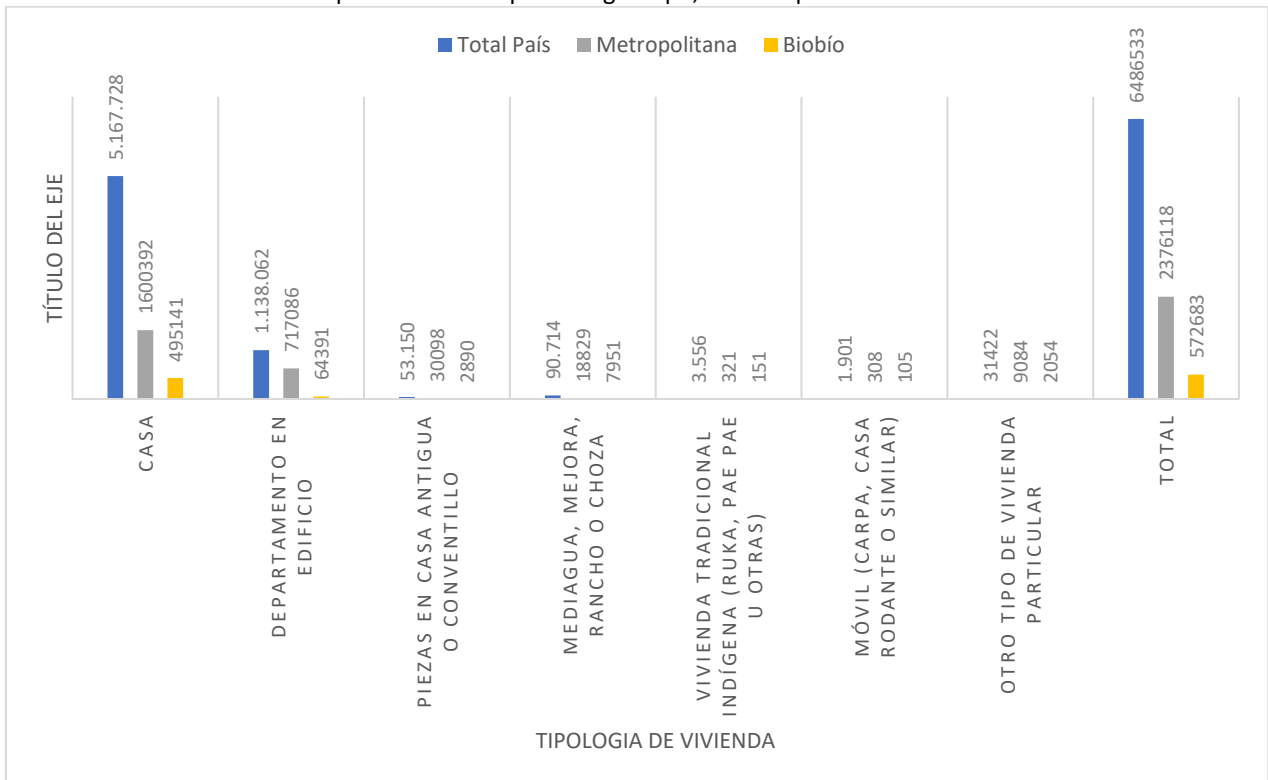
### 2.1. PARAMETROS GENERALES DE ZONA ESTUDIO

El estudio parte por las ciudades más representativas de Chile, siendo Santiago y Concepción las urbes que representan el 45% del total de la construcción en todo el país como se aprecia en la Grafica 19, y alcanza el 50% del total construido en la zona urbana, por lo que son ciudades que representa gran parte de la construcción en Chile.

Se caracterizará y analizará diferentes factores de construcción, tales como materialidad, superficie, sistema de agrupamiento y características de forma.

Se analizarán los parámetros estadísticos generales para caracterizar las viviendas en Santiago y Concepción, como las características generales.

**Grafica 19:** Viviendas particulares ocupadas según tipo, total de país.



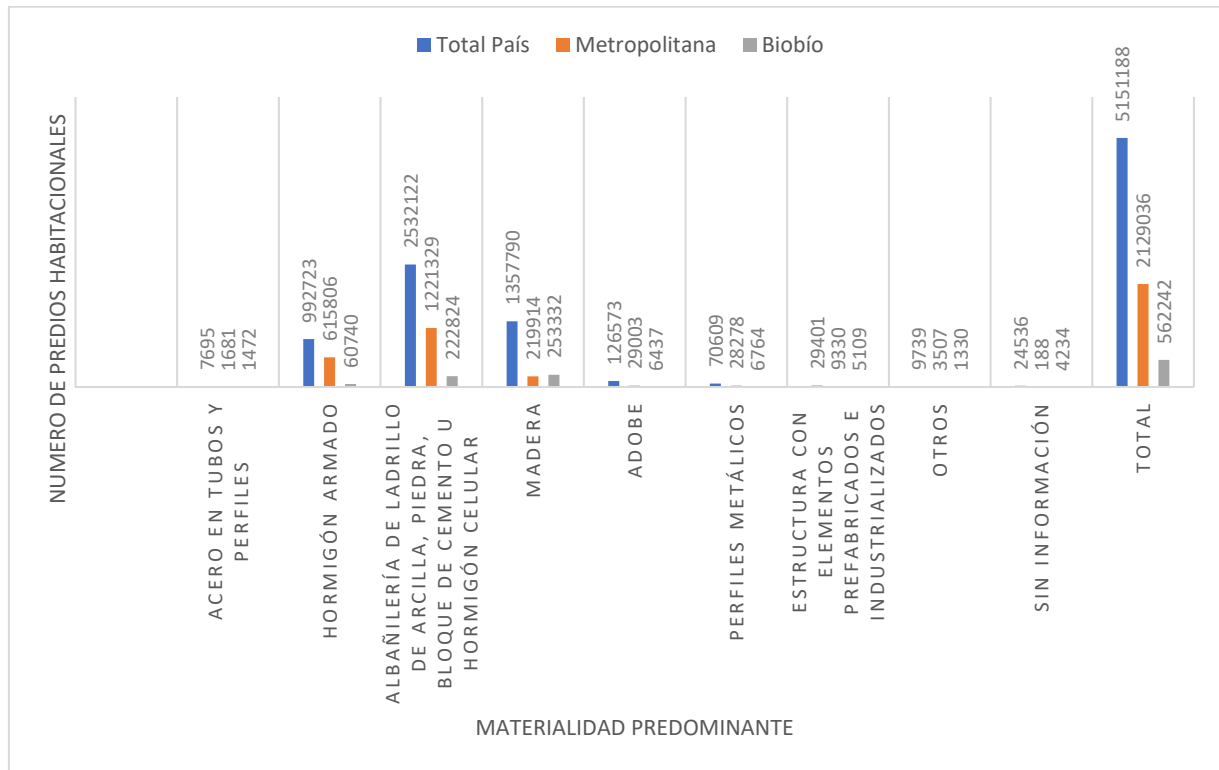
**Fuente:** Instituto nacional de estadísticas, censo 2017.

En la Grafica 19, se puede apreciar que la tendencia general de Chile y para ambas ciudades de estudio predomina la vivienda de casa, lo cual se puede apreciar que en segundo lugar está el

uso de departamento en edificio, y que en la región Metropolitana tiene muy poca diferencia entre departamento y casa, pero en la región del Bio Bio tiende a marcar esta brecha y la tendencia marca más a la vivienda casa. Y el resto de las opciones están muy distante del uso común o la tendencia en las ciudades de estudio. Por lo que para efecto del estudio se analizara el sistema de viviendas unifamiliar casa para que la muestra sea representativa, este registro contabiliza la zona urbana y rural. El registro define como ocupadas, lo que significa que están en uso, y esto garantiza que el dato de casa son unidades que generan una demanda real. (Minvu, 2017a).

En la Grafica 20 nos ayuda para apreciar el uso general de la materialidad en las ciudades de estudio, que utilizan en las envolventes principales.

**Grafica 20:** Numero de predios habitacionales por materialidad predominante en estructura vertical de la construcción.



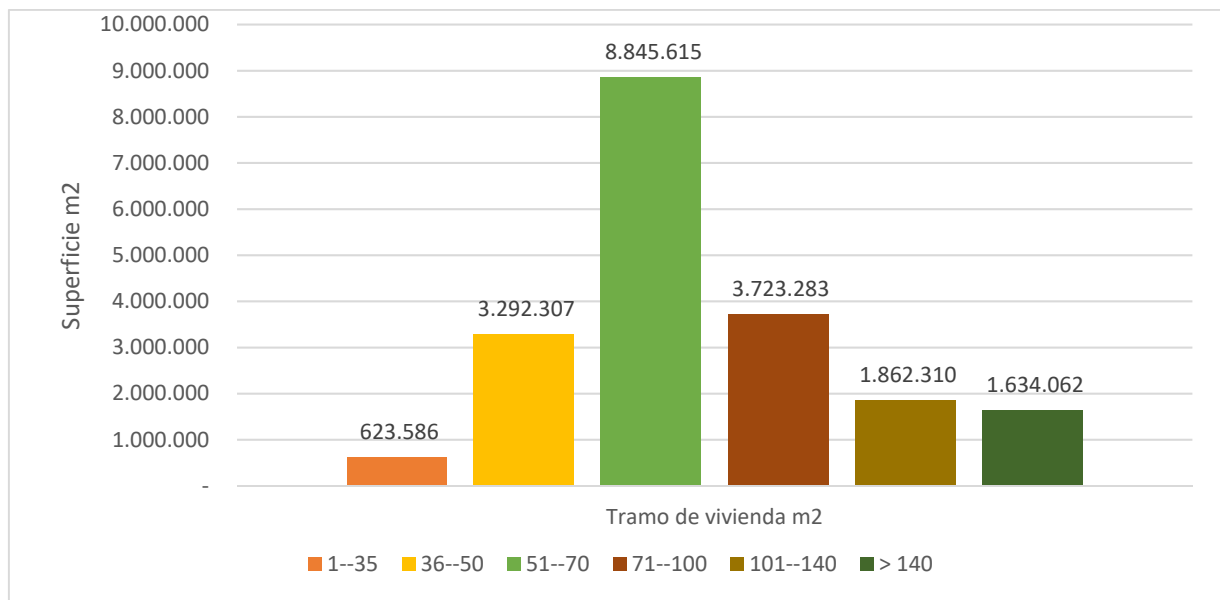
**Fuente:** Observatorio urbano. SII, segundo semestre del año 2018.

La Grafica 20, se puede apreciar los que los elementos predominantes del total construido en Chile, se puede apreciar que en primer lugar esta para las construcciones en ladrillo o el uso de diferente tipo de bloque. Luego le sigue la estructura en madera, pero para la región metropolitana cambia el comportamiento ya que, igual que el total sigue siendo un material predominante el uso de ladrillo, pero el que sigue y queda como tercera opción en la lista es el uso de hormigón armado

seguido después de la madera. Y en la región del Bio Bio sigue la tendencia general del país, pero predomina primero el uso de la madera y luego le sigue el uso de ladrillo, para ambas zonas están marcadas con estos dos tipos de materialidad, por lo que será parte de las características térmicas para analizar en los casos de estudio.

Otra opción o como tercera alternativa de material predominante en la estructura se podría modelar el uso de hormigón armado, para una tercera opción o como análisis de masa térmica que analizar en beneficio ante el cambio climático.

**Grafica 21:** Total, superficie de vivienda por tramo en la región del Bio Bio.



**Fuente:** Observatorio Urbano 2018.

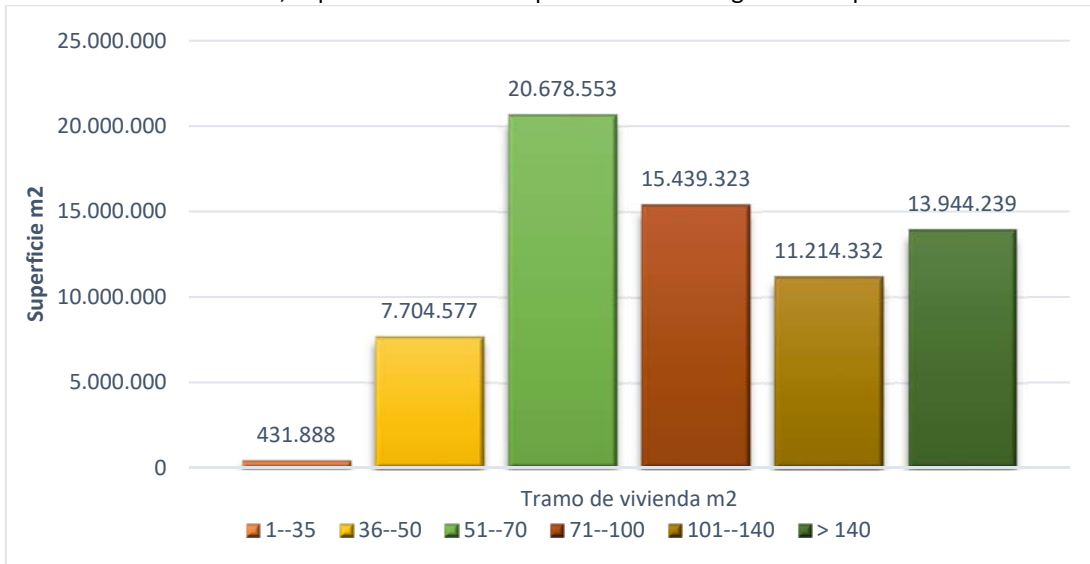
La Grafica 21, se puede apreciar la superficie promedio o tramo que más se construye en la región del Bio Bio, lo cual está integrado en el tramo de 51-70 y el tramo de 71-100 m2, son los tramos más destacados, son parte de los registros de que arroja el formulario único de estadística de proyecto de edificación aprobada para la región Bio Bio, estos tramos de vivienda están definidos como vivienda social o económica, por lo que va ser parte del estudio superficie o tendencias paramétricas se tomara en cuenta este tramo, para reducir el sector de estudio, (Minvu, 2017a).

La vivienda social está definida por el valor de tasación de la propiedad el cual no debe superar el valor de 400 hasta 520 uf. Y la vivienda económica está definida en conforme al D.F.L. N° 2, de 1959; Que la superficie edificada no sea superior a los 140 metros cuadrados; y que reúna los

requisitos, características y condiciones que determine el Reglamento Especial de Viviendas Económicas. (Social, 2007).

Y las características generales encajan más en las viviendas establecidas como viviendas económicas, reguladas por el decreto D.F.L. No. 2, lo cuales los modelos bases se definirán en base a estas características generales.

**Grafica 22:** Total, superficie de vivienda por tramo en la región Metropolitana.

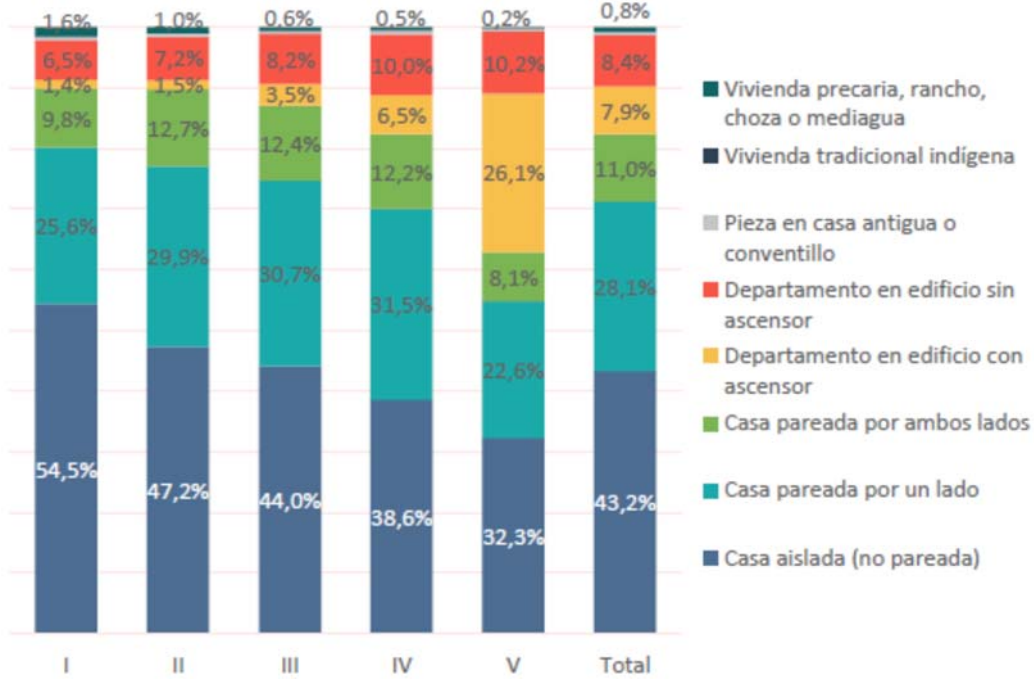


**Fuente:** Observatorio Urbano 2018.

En la Grafica 22 se puede apreciar que tiene una similar tendencia a la región anterior y que predomina el tramo 51-70 y el tramo 71-100m2, por lo que en ambas regiones se va aplicar el mismo criterio de parámetros de superficie y se utilizara un tipo de vivienda económica, lo cuales se analizara en la zona proyecto análogos para determinar la parametrización del caso de estudio.

Ambas zonas reflejan la misma tendencia de los mismos tramos de viviendas siendo 51-70 y 71-100, por lo que para el estudio se creara un modelo que este en el rango de superficie. Analizando una superficie intermedia de estos tramos, se puede diagnosticar que un promedio de 75m2, por lo que lo cercano a esta superficie se utilizara 70m2 para que abarque el primer tramo 51-70m2 y un modelo de 80m2 que sea representativa del tramo 71-100m2, y ambos modelos estarían alrededor de los 75m2 promedio, (Minvu, 2017a).

**Grafica 23.** Tipo de vivienda, porcentaje del total de hogares, según quintil.




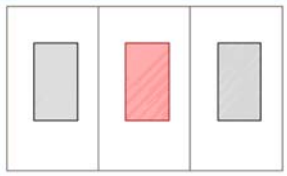

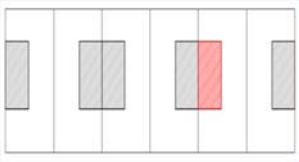

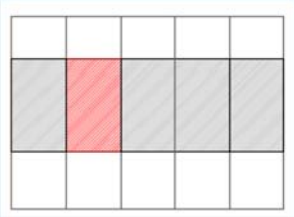
Fuente: MINVU, CASEN 2017.

En la Grafica 23 se puede apreciar que el porcentaje predominante del sistema de agrupamiento de la vivienda en Chile es la vivienda aislada, y es resalta en todos los quintiles, y en el segundo lugar se ve el uso del sistema de pareado a un costado.

Se analiza el sistema de agrupamiento para entender las principales que utilizan en la modalidad de vivienda, la cual se realizara una descripción general de una característica térmica por la disposición de la vivienda, entendiendo que los muros de adosamiento para la CEV son considerados como muros adiabáticos y no generan pérdidas ya que es considerada adosada a un recinto climatizado, al decir lo anterior la modalidad de sistema aislada se considera el modelo más sensible a las condiciones generales del clima.

Un parámetro que se utilizará para la creación de los modelos de estudio será considerado con un sistema de agrupamiento aislado.

**Tabla 3:** Sistema de agrupamientos de viviendas.

Agrupamiento:	Proyección:	Planta:	Anotaciones:
<b>Aislado</b>			<b>100% exposición de sus muros principales.</b>
<b>Pareado</b>			<b>Un lado con muro adiabático.<sup>2</sup></b>
<b>Continuo</b>			<b>Dos muros adiabáticos.</b>

**Fuente:** Elaboración Propia. Imagen: [www.arqydom.cl](http://www.arqydom.cl).

La Tabla 3, muestra los tres grandes agrupamientos para la vivienda, la cuales pueden darse en uno o dos pisos.

<sup>2</sup> Muro adiabático: es un elemento que no contempla pérdidas térmicas, se considera adosado a un espacio climatizado.



### 2.1.1. PROPUESTAS DE CASOS DE ESTUDIO

#### 2.1.1.1. MODELO 1, REPRESENTATIVO:

Se definió un modelo de vivienda representativo para ambas zonas de estudio, con superficie de 70,00m<sup>2</sup>. Aproximada, contemplada en un piso, se evalúa el cumplimiento bajo los parámetros establecidos del sistema de la calificación energética para viviendas CEV, evaluado el modelo con la etiqueta tipo “A” las más eficiente y “E” caso base o referencia., El sistema de calificación se analizará en el modelo estático, modelando con las PBDT en su versión 2.1, Las características térmicas y flujos de calor se determinan conforme la norma chilena NCh. 853 of. 2007: Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. La distribución es simple, los materiales que se analizarán en muros será un modelo de albañilería y otro en tabiquería, la cubierta será de zinc, con aislación de poliestireno expandido, los espesores de cada material a utilizar serán definidos según la zona térmica y los requerimientos de transmitancia térmica, a fin de dar cumplimiento a la norma térmica y el etiquetado.

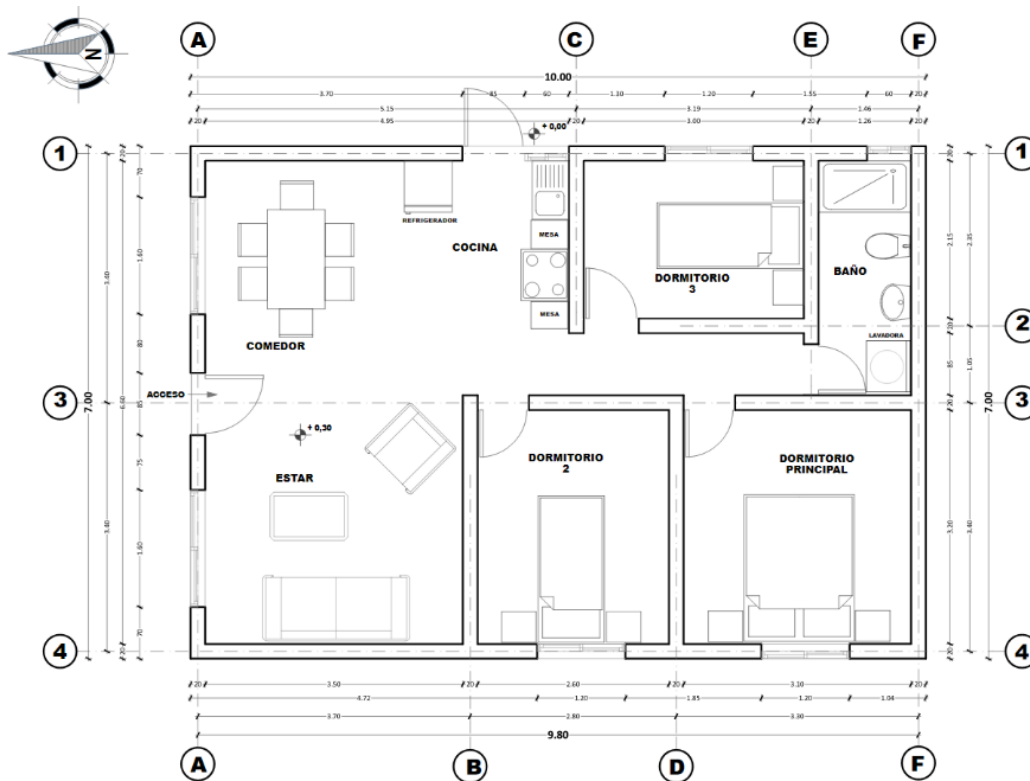
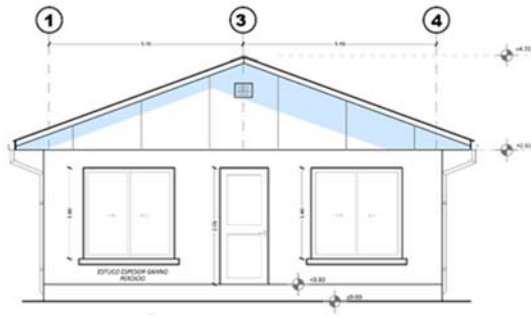


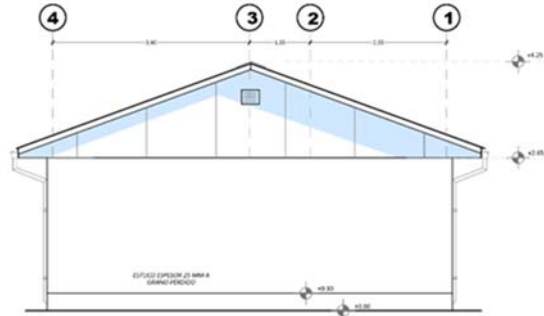
Figura 8. Planta de arquitectura, modelo un piso.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 2. Caracterización de zona estudio, caso estudio y escenarios futuros



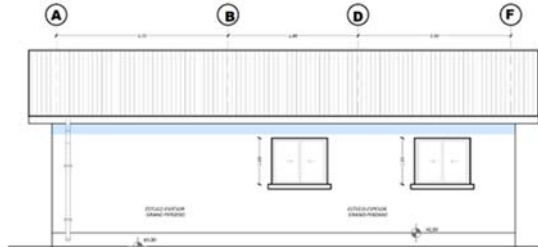
**Figura 9.** Elevación norte, modelo un piso.  
Fuente: Elaboración propia.



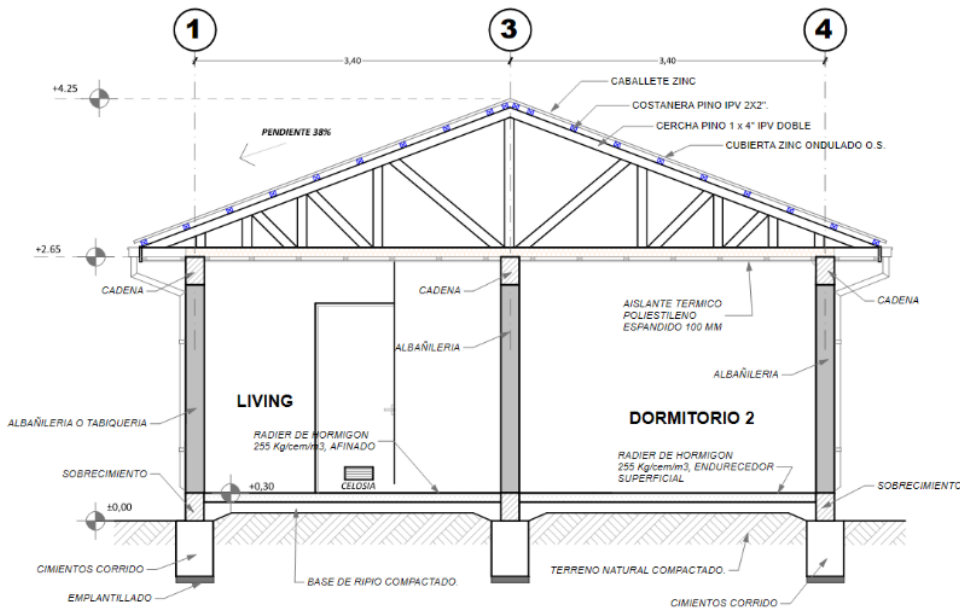
**Figura 10.** Elevación sur, modelo un piso.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11.** Elevación oriente, modelo un piso.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 12.** Elevación poniente, modelo un piso.  
Fuente: Elaboración propia.

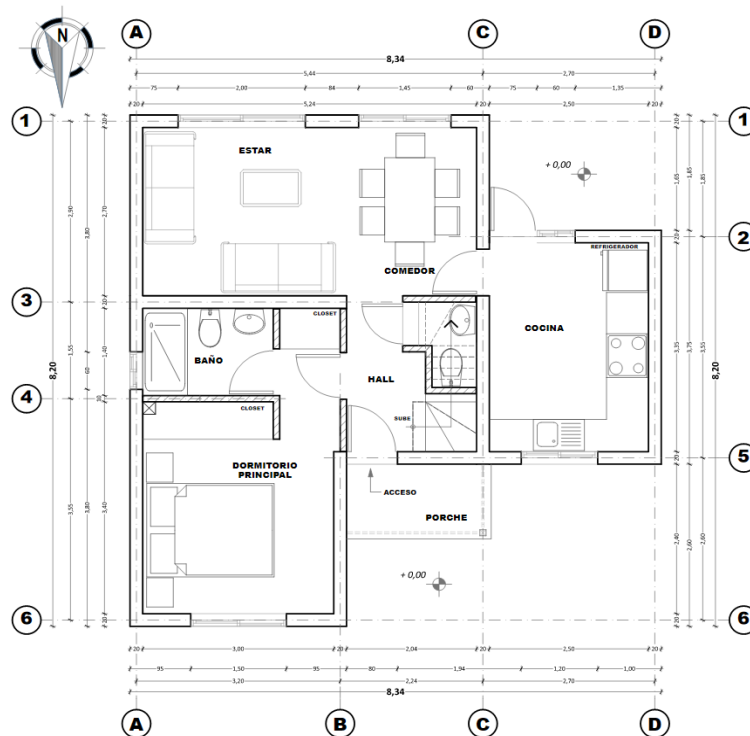


**Figura 13.** Corte X-X', modelo un piso.  
Fuente: Elaboración propia.

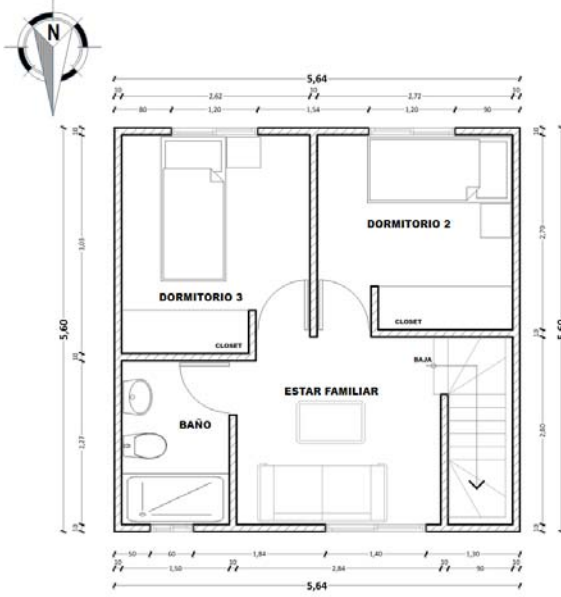
Las Figura 8 a la Figura 13 es parte de la planimetría del modelo 1, mostrando sus dimensiones y diseño.

**2.1.1.2. MODELO 2, REPRESENTATIVO:**

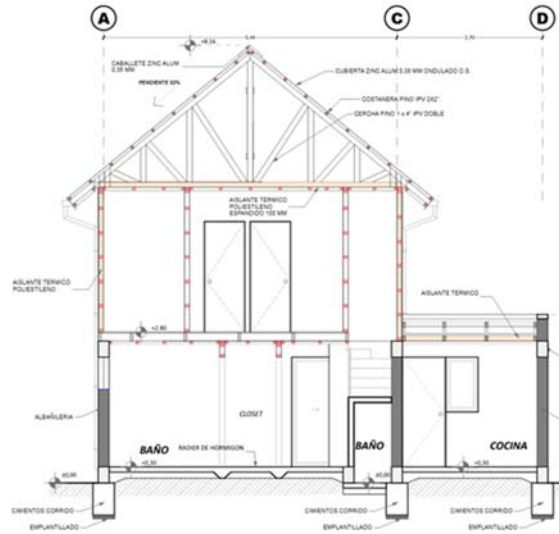
Se definió otro modelo de vivienda representativo para las zonas de estudio con superficie de 80,00 m<sup>2</sup>. Aproximada, contemplada en dos pisos, se evalúa el cumplimiento bajo los parámetros establecidos en el sistema de la calificación energética para viviendas con la etiqueta tipo “A” la más eficiente y “E” caso base o de referencia, del sistema de calificación CEV se analizará en el con el sistema estático modelando con las PBDT en su versión 2.1, las características térmicas y flujos de calor se determinan conforme a la Norma Chilena NCh. 853 of. 2007: Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. La distribución es simple, los materiales que se analizarán en muros serán de albañilería en el primer piso y tabiquería en el segundo, la cubierta será de zinc, con aislación de poliestireno expandido, los espesores de cada material a utilizar serán definidos según la zona térmicas y los requerimientos de transmitancia térmica, a fin de dar cumplimiento a la norma térmica y el etiquetado.



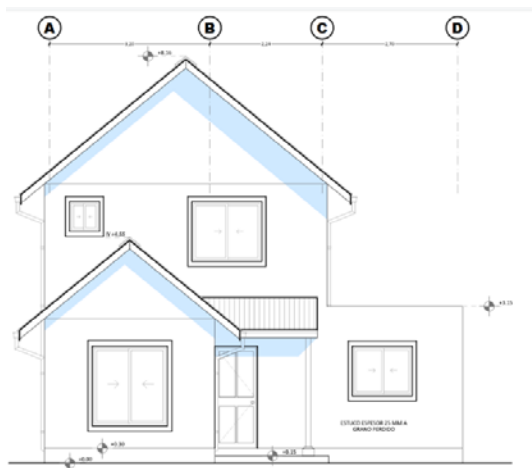
**Figura 14.** Planta de arquitectura primer piso, modelo dos pisos.  
**Fuente:** Elaboración propia.



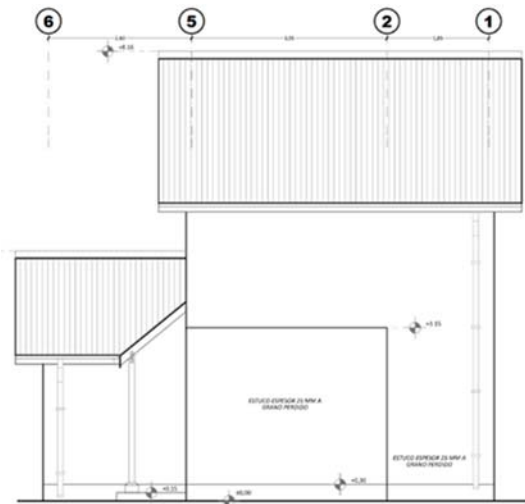
**Figura 15.** Planta de arquitectura segundo piso, modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.



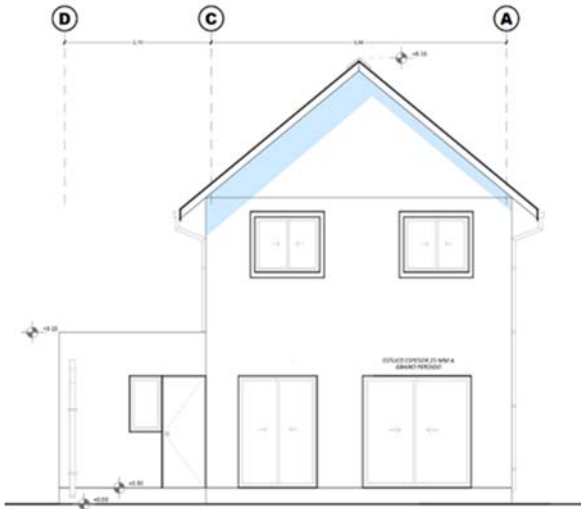
**Figura 16.** Corte X-X', modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.



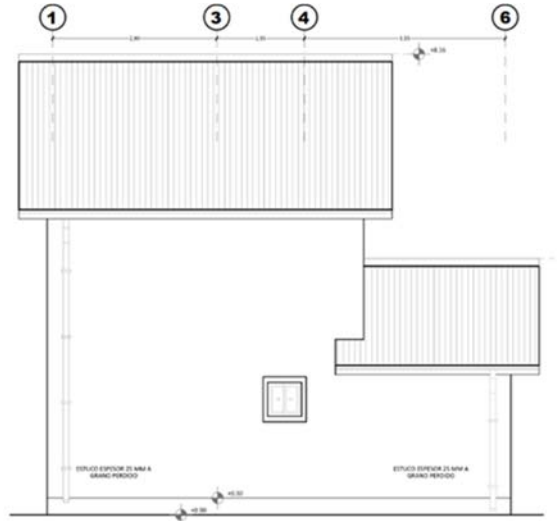
**Figura 17.** Elevación norte, modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 18.** Elevación oriente, modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 19.** Elevación sur, modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 20.** Elevación poniente, modelo dos pisos.  
Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 14 a la Figura 20, es la planimetría del modelo 2, mostrando sus dimensiones y diseño.

## 2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS ACTUALES EN LAS CIUDADES DE ESTUDIO

### 2.2.1. CIUDAD DE CONCEPCIÓN

La ciudad de Concepción esta desplazada en la zona centro sur de Chile (Est et al., 2018), y se caracteriza según la clasificación de Köppen, Concepción corresponde a un clima Csb<sub>2</sub> Oceánico mediterráneo con verano suave, con geolocalización Lat.: -23,43 Long. -70,43.

**Tabla 4.** Temperatura de la ciudad de Concepción.

TEMPERATURA												
Unidad de medida: °C												
HORA	MES											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2	13,1	13,1	12,4	10,8	9,8	8,2	8,0	8,6	8,6	9,7	10,9	12,6
4	12,3	11,9	11,6	10,3	9,6	7,9	7,8	8,3	8,0	9,1	10,2	11,9
6	11,6	11,1	10,6	9,8	9,2	7,9	7,3	7,9	7,7	8,3	9,6	11,2
8	13,7	12,2	10,6	9,6	9,0	7,9	7,1	7,8	7,6	9,5	11,6	13,6
10	18,4	16,9	15,1	12,3	10,4	9,1	8,2	9,2	10,3	13,0	15,2	17,1
12	20,9	19,9	19,1	15,6	13,1	10,8	10,1	11,9	12,9	15,0	16,9	19,3
14	22,1	21,6	20,7	17,1	14,4	12,4	11,6	13,0	13,9	16,1	18,0	20,4
16	22,3	22,2	20,8	17,1	14,5	12,9	12,3	13,3	14,0	16,3	18,0	20,5
18	21,1	21,2	19,2	15,8	13,0	11,7	11,4	12,4	13,3	15,4	17,0	19,3
20	18,6	18,4	16,3	13,6	11,5	9,9	9,7	10,7	11,5	13,2	14,8	17,5
22	15,8	15,8	14,8	12,2	10,6	9,2	8,8	9,7	10,3	11,6	13,1	15,2
24	14,2	14,2	13,4	11,4	10,0	8,6	8,3	8,8	9,5	10,6	11,9	12,7
T Promedio	17,0	16,6	11,2	13,2	13,3	12,4	11,8	11,5	11,4	11,5	11,8	12,2

Fuente: (Optivent 2.0, n.d.)

En la Tabla 4 se muestra el promedio de temperatura anual y por hora en la ciudad de Concepción.

**Tabla 5.** Humedad relativa promedio de la ciudad de Concepción.

HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE												
Unidad de medida: %												
HORA	MES											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2	91,3	90,6	93,2	94,3	93,8	94,6	89,9	91,4	86,3	92,4	90,7	92,5
4	93,0	93,5	94,6	94,5	94,7	94,7	90,3	89,7	87,8	93,4	92,4	95,0
6	93,8	94,5	94,8	95,1	94,8	94,2	90,0	89,6	87,9	94,4	92,9	94,0
8	85,3	93,3	93,7	94,6	93,7	93,6	90,6	87,8	86,8	91,8	85,5	86,3
10	66,1	74,4	78,0	87,8	90,9	89,1	88,2	84,1	77,4	80,5	68,7	70,2
12	57,4	63,6	61,7	77,3	80,1	81,3	81,4	73,7	68,1	71,2	62,0	63,4
14	55,2	58,2	57,3	71,6	75,1	77,5	76,1	70,9	65,8	68,8	58,4	60,4
16	55,3	56,8	58,1	72,9	76,6	76,7	74,4	71,4	68,0	69,5	59,3	61,1
18	58,5	59,4	65,0	78,2	84,0	84,3	80,8	77,7	72,2	74,6	64,2	64,9
20	67,2	68,5	77,9	86,8	90,2	90,3	88,6	86,2	80,0	83,1	74,6	72,0
22	79,3	79,2	85,2	91,9	92,6	92,6	89,3	89,5	84,2	88,8	83,5	82,5
24	86,6	85,7	90,5	93,4	93,2	92,3	90,5	90,7	86,1	91,2	88,2	92,6
H Promedio	74,1	76,5	93,0	88,0	85,1	85,9	85,9	85,5	84,8	84,6	83,9	83,3

Fuente: (Optivent 2.0, n.d.)

En la Tabla 5 en los meses de verano se observan los menores rangos y se presentan desde el mediodía y parte de las tardes. Y los mayores rangos se ven en las mañanas y se incrementan en los meses de invierno, pero la tendencia general es superior de los 70% de humedad en la zona.

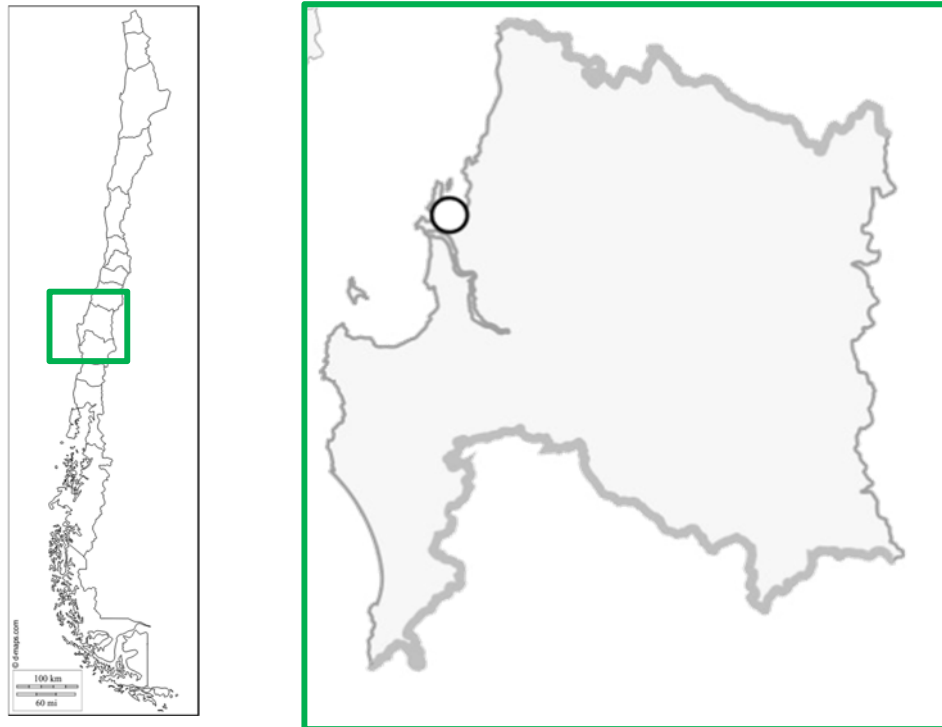
**Tabla 6.** Velocidad del viento promedio de la ciudad de Concepción.

VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA												
Unidad de medida: m/s.												
HORA	MES											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2	2,4	2,6	1,8	1,9	2,8	2,8	3,4	3,7	3,1	2,4	2,9	2,7
4	1,8	2,2	1,6	1,5	2,7	3,0	3,4	3,7	2,7	2,0	2,5	2,2
6	1,7	2,0	1,4	1,5	2,6	3,1	3,2	3,5	3,0	1,8	2,2	1,6
8	1,9	2,1	1,4	1,3	2,5	3,0	3,4	3,7	2,8	2,2	2,3	2,0
10	3,4	3,3	2,7	2,1	2,8	2,8	3,7	3,8	3,1	3,3	3,7	3,6
12	5,6	4,9	4,0	3,2	3,0	3,6	4,5	4,7	4,6	4,7	5,6	5,2
14	6,8	6,4	4,8	4,9	4,1	3,9	4,7	5,7	5,8	5,6	6,8	6,4
16	7,7	7,6	5,7	5,4	4,3	4,4	5,4	5,9	6,3	5,8	7,6	6,9
18	7,5	7,7	5,5	5,0	3,9	3,6	4,6	5,8	5,8	5,7	7,6	6,7
20	6,2	6,6	4,3	3,8	2,9	2,8	3,5	4,1	4,4	4,0	6,3	5,7
22	4,0	4,8	3,1	2,6	2,5	2,7	3,4	3,9	3,6	2,8	4,9	3,8
24	2,8	3,5	2,3	2,6	2,6	3,2	3,8	3,5	2,9	2,6	3,7	2,7
<b>H Promedio</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	<b>1,8</b>	<b>3,0</b>	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>

Fuente: (Optivent 2.0, n.d.)

En la Tabla 6 se puede apreciar que la velocidad del viento promedio supera las 2.5m/s., por lo que se dan las condiciones de ventilación natural de la vivienda.

**Figura 21.** Ubicación de la región Bio Bio, Ciudad de Concepción.



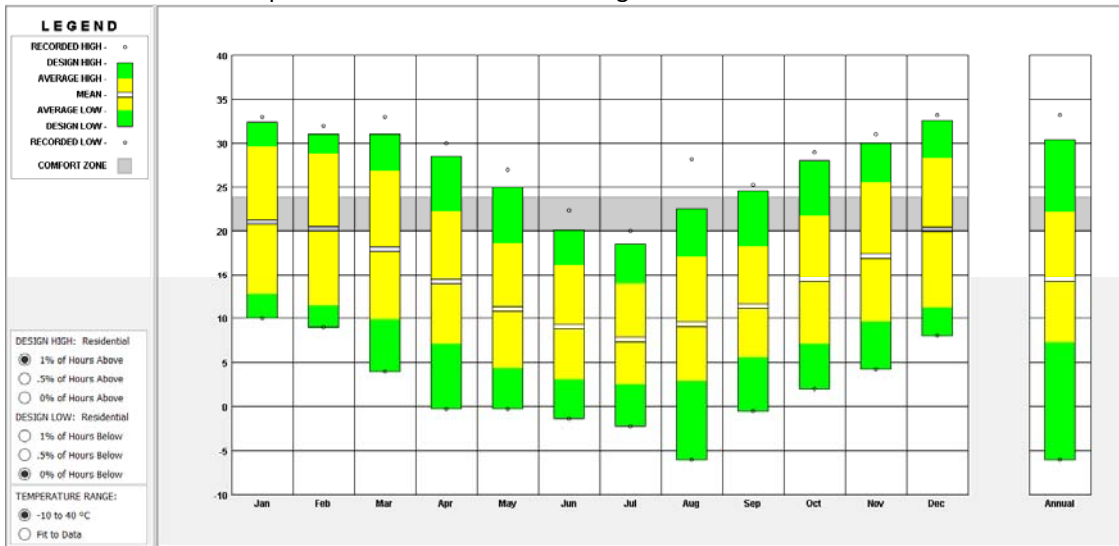
Fuente: <https://mapasinteractivos.didactalia.net>.

La Figura 21, de delimita la región del Bio Bio, y se remarca la ubicación de la ciudad de Concepción.

### 2.2.2. CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE

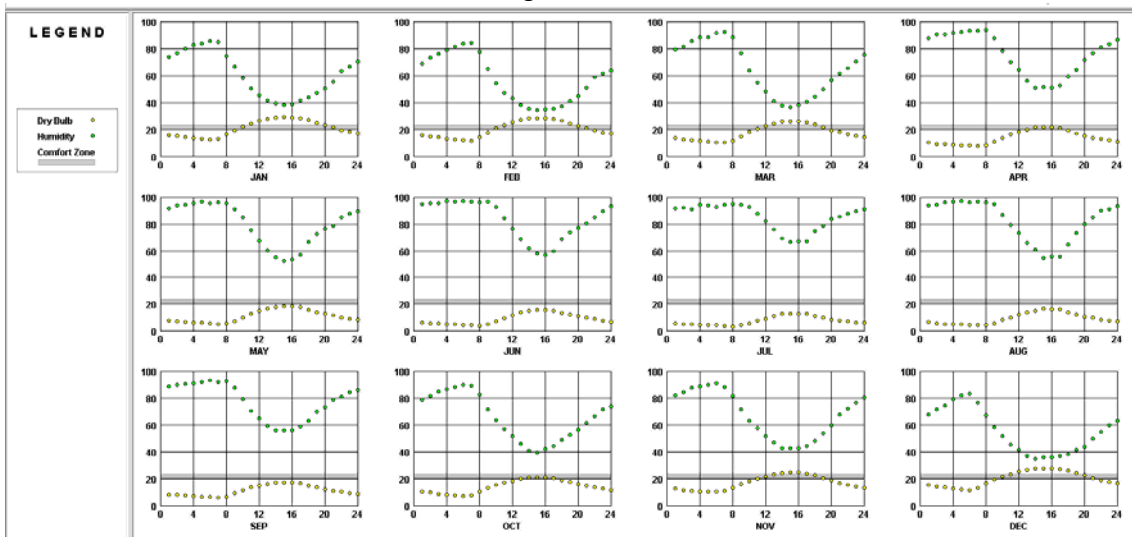
El clima es templado y cálido en Santiago. Los meses de invierno son mucho más lluviosos que los meses de verano en Santiago. El clima aquí se clasifica como Csc por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura promedio en Santiago es 14.6 ° C. En un año, la precipitación media es 359 mm.

**Grafica 24.** temperaturas en la ciudad de Santiago.



Fuente: EPW, climate consultant 6.0.

**Grafica 25.** Humedad, ciudad de Santiago.

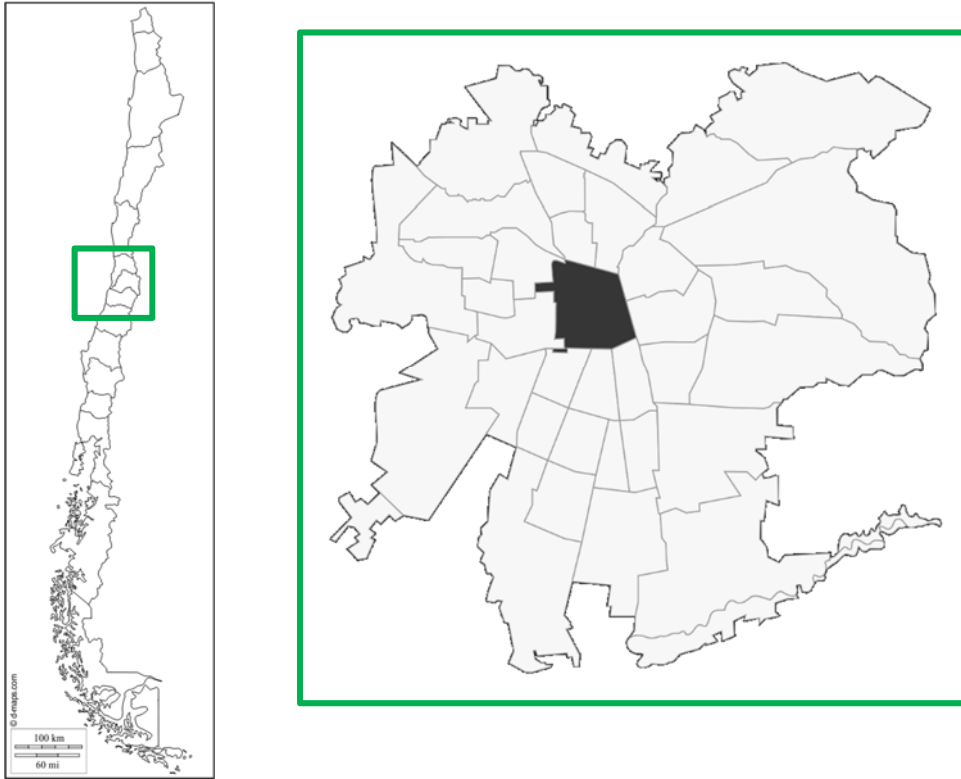


Fuente: EPW, climate consultant 6.0.

En las Grafica 24 y Grafica 25 muestran parámetro metrológicas de la ciudad de Santiago, la primero muestra las temperaturas y la segunda muestra la humedad.



**Figura 22.-** Ubicación de la región Metropolitana, Ciudad de Santiago.



**Fuente:** <https://mapasinteractivos.didactalia.net>.

La Figura 22 de delimita la región de la Metropolitana y se remarca la ubicación de la ciudad de Santiago.

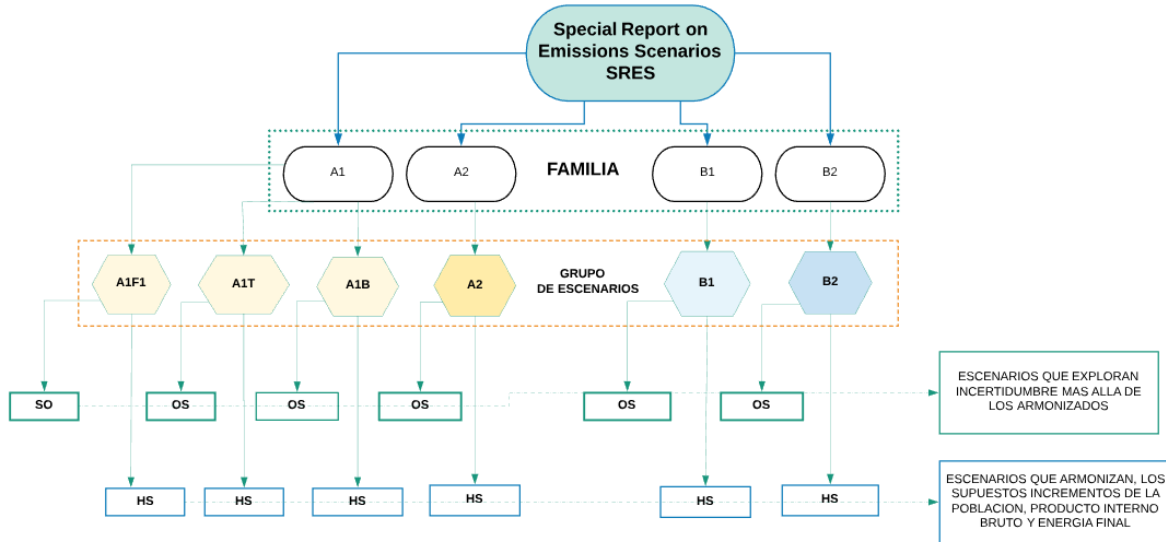
### **2.3. ESCENARIO FUTUROS PARA SANTIAGO Y CONCEPCIÓN**

Para el estudio se utilizan datos de la fuente EnergyPlus, con los archivos EPW. Para el uso más preciso de los archivos la ubicación debe estar en un radio de 30 o 50km. Y dentro de los 100m de elevación de la ubicación tomada y definida por la zona de estudio que son las ciudades de Santiago y Concepción, en base a estos archivos se generaran los escenarios futuros, bajo varios esquemas de incertidumbre según IPCC.

### 2.3.1. ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En la actualidad existen numerosos escenarios, los cuales están desarrollados por diferentes factores y diferentes incertidumbres. Y en cualquiera de los escenarios incluye necesariamente elementos subjetivos que está abierta a diferentes interpretaciones, y tienen mucha retroalimentación de registros de históricos. Todos los escenarios se están basados en una línea evolutiva que la definen como “familia”. (Nakicenovic, N., and Davidson, O., 2000).

**Grafica 26:** Diagrama de los principales escenarios del cambio climático.



**Fuente:** Elaboración propia. fuente, (Nakicenovic, N., and Davidson, O., 2000).

En la Grafica 26 se observa los cuatro grandes familias de los cuales se despliegan seis grupos de escenarios bases, en cada uno de los escenarios de derivan escenarios que armonizan con los patrones de crecimiento poblacional, el producto interno bruto y la energía final definidos como “HS”, si se le agregan un grado de incertidumbre a estos valores estos se definen como “OS”. Dentro de los grupos de la familia A1, se definen por la tendencia de las fuentes de la tecnología en la energía. Siguiendo que el A1F1 sigue la tendencia de los combustibles fósiles, el A1B sigue la tendencia es un análisis equilibrado de las tendencias, el A1T sigue la predominante de las fuentes de combustibles no fósiles.

En general la familia del escenario A1 sigue el crecimiento económico muy rápido, alcanzando un crecimiento de la población a mediados de siglo, la rápida introducción de las tecnologías nuevas y más eficientes.

La familia de los escenarios A2 se rigen en general en un mundo heterogéneo, y el crecimiento poblacional con un crecimiento lento pero continuado, con un crecimiento tecnológico y económico fragmentado y lento.

La familia de los escenarios B1 analizan sigue la línea de crecimiento poblacional de la familia A1, pero con un cambio en su estructura económica y servicios, con una tendencia a la reducción del consumo de materiales, un uso de tecnologías limpias y eficientes, analizando el aporte mundial a las soluciones de sostenibilidad de su economía, social y ambiental, con un escenario más equitativo.

Y la última familia escenarios B2, contempla un crecimiento poblacional de menor crecimiento que la familia A2, y niveles intermedios en su desarrollo económica, y de cambio tecnológico, pero menos rápido y diversos que las familias B1 y A1. Y analiza los escenarios de la protección del medio ambiente y social, analizando los niveles más locales. (Nakicenovic, N., and Davidson, O., 2000).

La familia A1 y B1; proyecta una población de 7 mil millones para el año 2100.

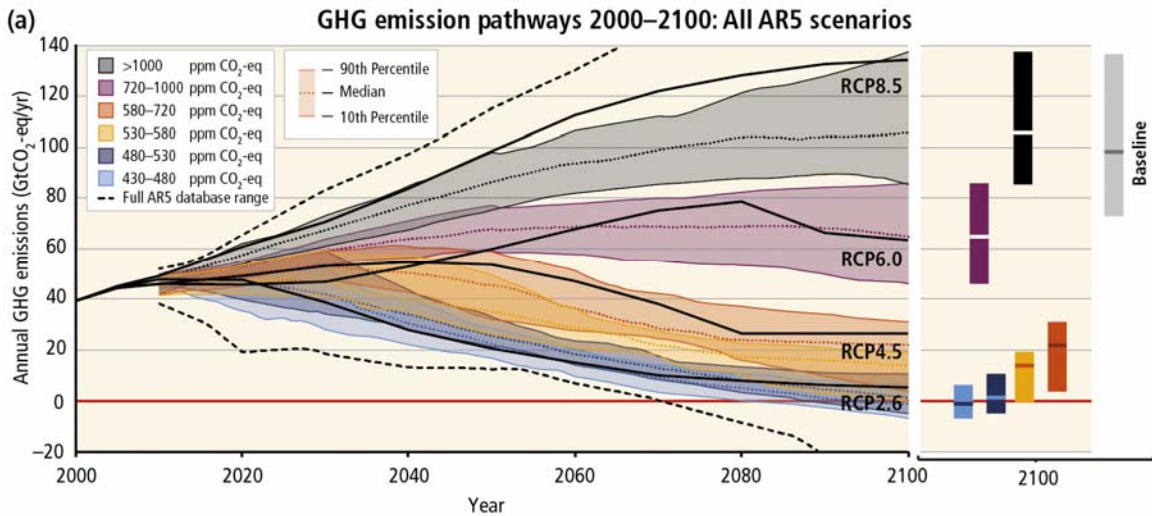
La familia B2; proyecta una población de 10,4 mil millones para el año 2100.

La familia A2; tiene una proyección de la población de 15 mil millones para el año 2100.

La población actual es de 7.6 mil millones, y el esperado según las naciones unidas proyectan un crecimiento para el 2100, de 11.2 mil millones. (ONU, 2017).

En la gráfica se puede apreciar que, en los últimos 100 años en el periodo de 1900 hasta la fecha, el crecimiento poblacional se ha cuadruplicado, por lo que siguiendo este ritmo de población según su natalidad y de mortalidad se puede apreciar que siguiendo la familia del escenario A2 sigue más este ritmo de crecimiento, creciendo que por cada 1000 personas nacen 12 en cada periodo de un lustro, con una tasa de crecimiento de 1.2% anual (ONU, 2017).

**Grafica 27.** vías de emisión año 2000 al 2100 todos los escenarios AR5 nivel mundial.



**Fuente:** (WMO & UNEP, 1988).

En la Grafica 27 se aprecia los escenarios RCP donde el valor de la incertidumbre está relacionado con el ritmo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se aprecia que RCP8.5 con escenarios pesimistas, RCP6.0 con los escenarios medios y los RCP4.5 y RCP2.6 son los escenarios más optimistas., En cada uno de los RCP contemplan 3 percentil que determinan un valor de calentamiento.

### 2.3.2. ESCENARIOS METEOROLÓGICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

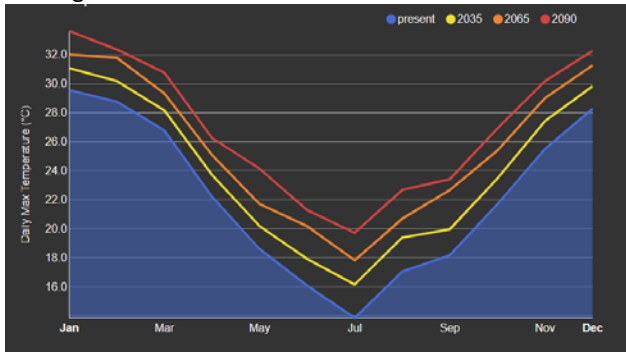
Se realiza un análisis comparativo de escenarios futuros del cambio climático con diferentes escenarios para cada ciudad de Santiago y Concepción, se utiliza el generador de escenarios Weathershift y CCWorldWeatherGen, para realizar la comparación según el nivel de escenarios el grado de incertidumbre ante el cambio climático.

En las Grafica 28 y Grafica 29 muestra las temperaturas máximas y mínimas promedio en la ciudad de Santiago, generados en Weathershift con un escenario RCP8.5 y un percentil de calentamiento del 50% (WeatherShiftTM, n.d.), lo cual muestra un ritmo constante en los cambios ya que las curvas se aprecian paralelas en las máximas, y en las mínimas se puede apreciar que en el invierno aumentan drásticamente.

Siguiendo con los mismos escenarios se modelan la velocidad del viento y la humedad relativa en la misma ciudad.

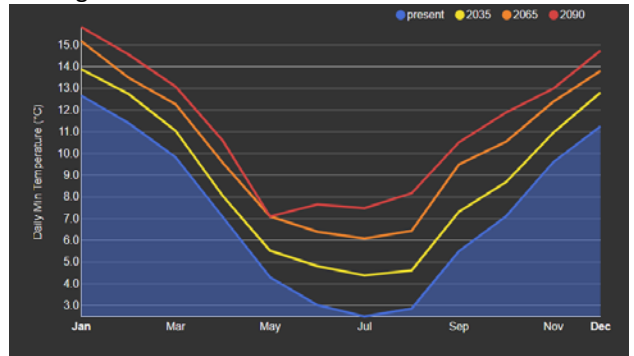
Capítulo 2. Caracterización de zona estudio, caso estudio y escenarios futuros

**Grafica 28:** Temperatura máxima promedio, ciudad de Santiago.



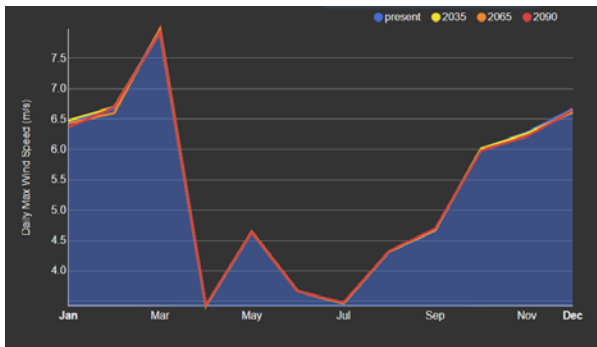
Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

**Grafica 29:** Temperatura mínima promedio, ciudad de Santiago.



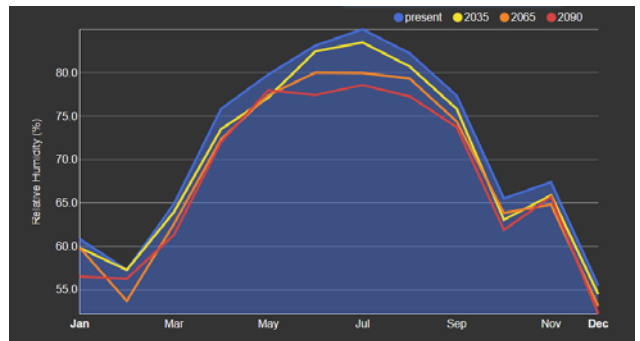
Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

**Grafica 30:** Velocidad promedio del viento, ciudad de Santiago.



Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

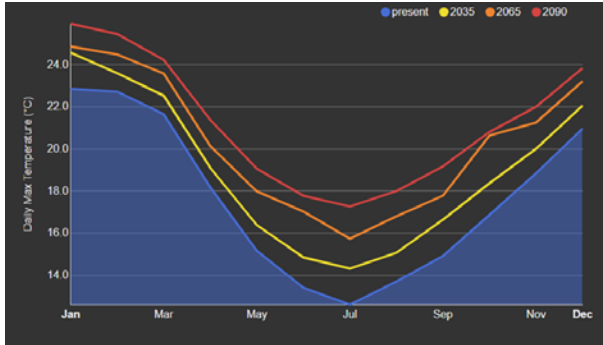
**Grafica 31:** Humedad relativa promedio, ciudad de Santiago.



Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

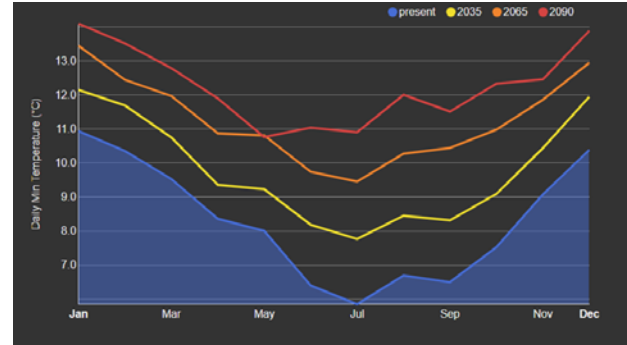
En la Grafica 30 y Grafica 31 se puede apreciar que las graficas de velocidad del viento no tiene variaciones en los escenarios, pero en la humedad se observa una baja importante que se observa en los meses de invierno, por lo que en la ciudad de Santiago revela que para el cambio climático se espera un clima más cálido superando los 32°C y con baja humedad en invierno del 75% y en verano inferior al 55%.

**Grafica 32:** Temperatura máxima promedio, ciudad de Concepción.



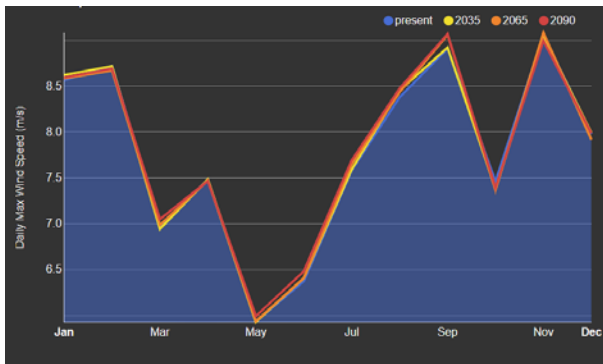
Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

**Grafica 33:** Temperatura mínima promedio, ciudad de Concepción.



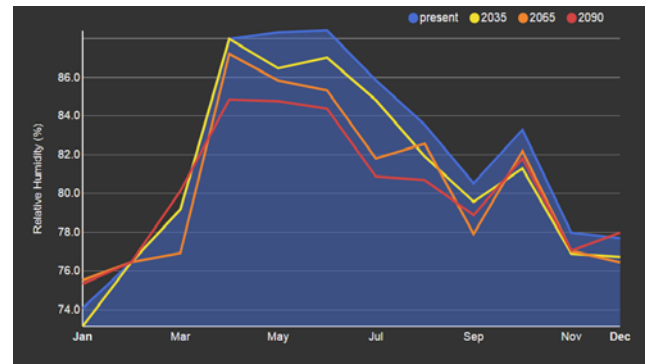
Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

**Grafica 34:** Velocidad promedio del viento, ciudad de Concepción.



Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

**Grafica 35:** Humedad promedio mensual, ciudad de Concepción.



Fuente: Elaboración propia, WeatherShift™, 2018.

Las Grafica 32 a la Grafica 35, muestra las temperaturas, vientos y humedad a través de los escenarios futuros de la ciudad de Concepción, elaborado con el software WeatherShift, que permite visualiza los años 2035, 2065 y 2090. Se puede apreciar claramente el aumento de las temperaturas tanto mínimas como las máximas, y reducción en la humedad. La velocidad de los vientos no tiene variaciones significativas.

El departamento de meteorología de la universidad de Reading, en el Reino Unido crearon un método llamado “morphing”, para generar datos del tiempo o clima para las simulaciones térmicas de los patrones del cambio climático, el método combina lo observado hoy en día de los modelos climáticos actuales. Elabora series temporales de tiempo que recoge las condiciones meteorológicas medias para los escenarios climáticos futuros. El tiempo de generación estocástico, donde las series de tiempo se genera de estadísticas derivadas de datos históricos climáticos, y el

método requiere grandes volúmenes de datos de entrada, así puede generar modelos más apropiados. (Belcher, Hacker, & Powell, 2005).

El método “morphing” utiliza tres operaciones generales; primero un cambio, segundo un tramo lineal que es el factor escala y el tercero es un cambio y un estiramiento. El primero, un cambio se utiliza cuando un escenario del cambio climático detalla una modificación absoluta en la media. El segundo, un tramo se utiliza cuando hay un cambio en cualquiera de la media o cuando varía en un porcentaje o fracción en lugar de un incremento absoluto, o cuando la variable se desconecta por completo como, por ejemplo, la radiación solar, que en la noche es cero. El tercero que es una combinación de un cambio y un estiramiento que se utiliza tanto en la media y la variable necesitan ser modificadas, como por ejemplo cuando una temperatura refleja cambios tanto en la media diaria y como en las máximas y mínimas. (Belcher et al., 2005).

La organización mundial de meteorología recomienda el uso de un periodo promedio de 30 años para definir una línea climática base, utilizando un periodo de 1961 a 1990 para definir línea base como “clima actual”. Por lo que el periodo promedio de referencia debe ser el mismo, utilizan incertidumbre en los escenarios del cambio climático (WMO & UNEP, 1988).

Se utiliza el generador de escenarios CCWorldWeatherGen, para crear los escenarios para la ciudad de Concepción y Santiago, en los años 2020, 2050 y 2080 respectivamente.

En la Grafica 37 en anexo, se aprecia las variaciones de las temperaturas promedio, en aumento que van de 2°C a 3°C, bajo el escenario A2. Y realizando una comparación con WeatherShift, se tiene menos alzas medidas con este escenario.

En la Grafica 38 en anexo se puede apreciar que, para ambos modelos de escenarios del cambio climático, los vientos no tienen variación.

La Grafica 39 en anexo, se puede apreciar que la humedad relativa en el ambiente para los escenarios del cambio climático y bajo la familia A2, no tienen grandes cambios, varía entre los años 2020 al 2080 de 1% al 2% y se ve reducido la humedad relativa en esta zona.

Capítulo 2. Caracterización de zona estudio, caso estudio y escenarios futuros

Tabla 7. escenarios meteorológicos de la ciudad de Concepción

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	539	506	405	305	193	166	184	239	342	419	474	524	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	493	489	373	270	150	127	149	181	297	360	387	458	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	170	156	160	154	122	112	118	144	157	164	183	177	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1069	1019	904	733	583	456	513	672	837	992	1062	1075	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	933	905	879	784	758	652	647	777	872	904	935	933	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	502	474	432	340	285	235	239	327	398	446	495	522	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	7677	6809	4948	3379	1934	1581	1806	2554	4036	5473	6639	7594	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	7019	6582	4555	2997	1508	1213	1459	1938	3308	4716	5420	6632	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2417	2096	1961	1698	1226	1073	1156	1543	1858	2142	2571	2569	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	58897	55255	44115	33329	21185	18128	20120	26151	37195	45794	51706	57272	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	48287	47879	35878	24924	13648	11336	13551	16902	28673	35223	38099	44877	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	17	17	15	13	11	10	9	10	11	12	14	17	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	12	12	11	11	9	8	7	7	7	9	10	12	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	74	77	79	87	87	87	84	82	79	82	76	76	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	230	210	210	220	150	140	180	0	240	220	210	230	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	15	16	15	15	13	12	11	11	10	12	13	14	degrees C

**2020**

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	538	499	400	310	195	172	188	244	346	423	476	530	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	490	471	359	285	158	146	159	194	308	369	392	472	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	170	161	164	150	121	111	117	143	155	162	182	172	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1067	1009	892	746	591	474	524	685	846	1000	1067	1088	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	929	884	852	818	784	723	686	814	894	921	944	956	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	502	473	432	341	278	236	260	330	399	444	495	525	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	7663	6716	4884	3436	1962	1643	1840	2606	4084	5523	6671	7683	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	6984	6339	4379	3166	1581	1390	1558	2073	3633	4835	5491	6844	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2427	2170	2009	1663	1220	1062	1147	1526	1832	2111	2551	2503	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	58865	54436	43690	33890	21462	18810	20464	26635	37632	46120	51914	57789	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	47991	45883	34195	26344	14321	13005	14450	18077	29738	36157	38622	46503	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	19	18	16	14	12	10	10	11	12	13	15	17	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	13	13	12	12	10	8	7	8	8	10	10	13	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	72	76	80	86	86	86	84	82	78	81	74	74	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	230	210	210	220	150	140	180	0	240	220	210	230	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	16	17	16	15	14	13	11	11	11	12	13	15	degrees C

**2050**

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	536	503	409	314	200	176	192	248	353	436	485	533	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	485	482	384	296	171	159	172	207	326	401	411	480	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	172	158	157	148	120	110	115	141	151	154	177	170	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1063	1014	913	755	605	486	537	698	863	1029	1085	1094	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	922	895	898	841	830	770	731	850	931	981	978	968	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	501	474	432	342	278	237	261	333	402	442	496	526	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	7635	6773	4998	3476	2010	1685	1884	2657	4167	5695	6787	7726	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	6915	6490	4688	3289	1711	1518	1689	2212	3847	5247	5753	6949	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2450	2125	1925	1636	1208	1052	1134	1509	1786	2005	2479	2472	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	58732	55094	44680	34292	21999	19285	20931	27136	38363	47388	52691	58111	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	47402	47017	38860	27289	15514	14178	15653	19303	31579	39468	40588	47278	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	20	19	18	15	13	11	11	12	12	14	16	19	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	14	14	14	13	11	9	8	8	8	10	11	13	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	71	75	78	86	85	86	82	80	77	80	73	72	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	230	210	210	220	150	140	180	0	240	220	210	230	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	4	4	3	3	2	3	3	4	3	3	4	4	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	17	18	17	17	15	14	12	12	12	13	15	18	degrees C

**2080**

Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

La Tabla 7 se observa los datos en números de los escenarios presentan diferentes tipos de variaciones, puede apreciar que entre los años 2020 y 2080 las temperaturas promedio variaron 2°C a 3°C de aumento y en la humedad relativa tuvo variaciones entre 2% y un 3% de reducción, pero en la velocidad del viento en estos mismos escenarios no tiene variación.



Capítulo 2. Caracterización de zona estudio, caso estudio y escenarios futuros

Se analiza la ciudad de Santiago con el mismo formato de revisión.

**Tabla 8.** Escenarios meteorológicos de la ciudad de Santiago.

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	589	546	459	327	238	202	203	274	351	416	552	553	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	565	534	448	311	223	195	158	248	275	335	524	489	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	150	149	149	141	124	112	127	135	174	172	148	175	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1093	1028	958	803	638	531	581	728	893	1013	1088	1089	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	936	911	895	827	769	734	723	785	893	908	957	926	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	438	417	406	364	307	262	285	351	426	485	491	530	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	8218	7243	5613	3659	2457	1990	2045	2959	4153	5377	7592	7846	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	7890	7080	5482	3487	2310	1924	1592	2677	3242	4332	7200	6940	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2104	1985	1819	1580	1275	1110	1278	1464	2059	2218	2045	2489	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	64372	59260	49741	35662	25957	22007	22191	29833	38369	45349	59474	60271	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	55781	52613	43734	29592	20994	17946	14606	23726	26559	32981	52082	48273	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	22	21	18	15	11	10	8	10	12	15	18	21	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	13	11	10	9	7	6	5	6	7	7	10	10	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	59	58	63	73	77	81	83	80	74	63	64	54	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	150	180	140	150	150	150	150	140	160	140	150	240	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	17	19	19	19	17	15	13	11	10	11	12	14	degrees C

2020

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	596	549	456	334	238	208	208	284	354	429	566	568	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	565	543	440	331	222	213	172	278	281	363	557	525	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	143	146	151	137	124	110	125	129	172	164	138	163	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1108	1034	953	810	640	546	600	749	898	1045	1114	1119	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	964	924	883	848	766	784	783	841	905	967	1010	981	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	430	419	405	356	307	267	283	351	427	488	487	528	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	8328	7287	5579	3734	2453	2044	2096	3068	4182	5542	7779	8060	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	8170	7199	5392	3704	2299	2095	1736	2992	3311	4701	7653	7453	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2007	1946	1846	1530	1277	1087	1262	1403	2045	2124	1899	2324	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	64598	59647	49336	36335	25924	22606	22748	30895	38664	46345	60960	61275	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	58076	53600	42837	31607	20880	19613	15943	26665	27145	35943	55529	52132	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	23	22	19	16	12	10	9	11	13	16	19	22	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	13	12	11	10	7	6	5	6	7	7	10	10	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	56	55	63	72	76	79	81	77	71	58	59	49	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	150	180	140	150	150	150	150	140	160	140	150	240	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	18	20	21	20	19	16	14	12	11	12	13	15	degrees C

2050

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	599	559	462	328	237	200	203	278	360	436	569	570	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	593	569	457	313	219	189	160	261	296	379	565	529	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	141	138	146	141	125	113	127	133	169	161	135	162	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1113	1053	965	805	636	526	586	742	914	1060	1121	1122	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	974	960	909	832	758	715	738	824	939	999	1030	986	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	428	424	408	363	308	260	285	351	428	490	486	527	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	8371	7416	5652	3667	2442	1969	2051	3004	4255	5632	7827	8080	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	8274	7536	5592	3509	2267	1862	1613	2809	3487	4901	7769	7500	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1972	1835	1786	1574	1282	1117	1276	1438	2007	2075	1862	2309	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	65037	60489	50277	35830	25834	21822	22280	30297	39318	47098	61402	61483	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	58867	56338	44537	29588	20488	17264	14736	24905	28605	37530	56374	52462	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	25	24	22	17	14	11	10	12	14	18	21	24	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	14	12	12	12	9	7	6	7	8	7	10	11	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	54	52	60	72	75	79	80	76	70	56	56	47	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	150	180	140	150	150	150	150	140	160	140	150	240	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	20	22	22	22	20	18	15	14	12	13	15	17	degrees C

2080

**Fuente:** Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

Se puede observar en la Tabla 8 , que en el periodo de los años 2020 al 2080 se observan variaciones en las temperaturas promedio oscilan entre 2°C a 4°C de aumento, y la humedad relativa tiene variaciones de 4% al 8% de reducciones. Los vientos no tienen variación en este periodo.

Se puede concluir en este capítulo, que las región Metropolitana y del Bio Bio, concentran la mayor cantidad de construcción de viviendas llegando ambas a un 50% del total construido país en

la zona Urbana, y que la modalidad de vivienda es casa en la región metropolitana 67% es casa y en la región del Bío Bío es un 86% de total de cada región, según datos en la Grafica 19, datos rescatados del censo 2017.

Los materiales más utilizados para estructura vertical en la región metropolitana, se observa en la Grafica 20 que el uso de ladrillo predomina en un 57%, el hormigón armado en un 28% y el uso de la madera en un 10%. En la región del Bío Bío la madera 45% y el ladrillo en un 39%.

Y el tramo de construcción para ambas comunas es de 51-70m<sup>2</sup> la más predominante luego le sigue el tramo de 71-100m<sup>2</sup>, este comportamiento se ve en ambas regiones, datos resaltados en las Grafica 21 y Grafica 22.

El sistema de agrupamiento se determina por total país que alcanza un 43.20%, y abarca todos lo quintiles, como se observar en la Grafica 23, por lo que las propuestas son viviendas aisladas en un piso y dos pisos, con características determinadas en el DFL2, como vivienda económica.

Se analizaron dos programas creadores de escenarios del cambio climático, uno es Weathershift y CCWorldWeatherGen. El primero Weathershift se generó un escenario pesimista RCP8.5 con un nivel de sobrecalentamiento del 50% y el otro CCWorldWeatherGen se modela un HadCM3 A2, y se combinaron las escenas A2a, A2b y A2c., todo esto se cargó a los archivos climáticos EPW tanto para la ciudad de Concepción y Santiago. Se concluye que los escenarios generados Weathershift superan los grados de temperatura y humedad relativa promedio que se había estudiado con anterioridad en los años 1945 al 2017, pero en cambio el CCWorldWeatherGen se observa que mantiene en el tiempo las variaciones observada en el registro histórico climático de cada ciudad.

Por lo tanto, las modelaciones se realizarán bajos los escenarios del programa CCWorldWeatherGen, ya que se acerca a la realidad climática histórica de Chile.

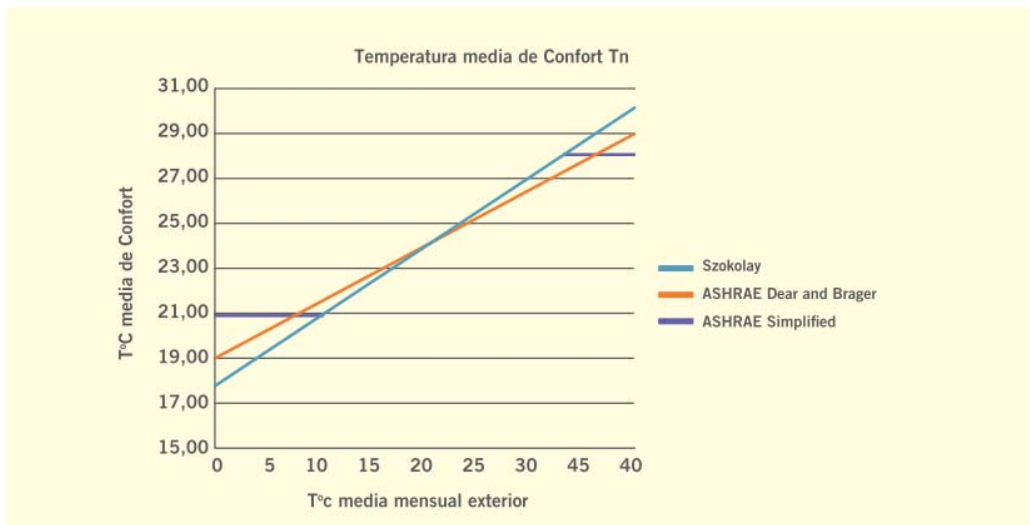
### 3. PARAMETROS CONSTRUCTIVOS Y TERMICOS DE CASOS DE ESTUDIO

#### 3.1. PARAMETROS TERMICOS

El manual de calificación energética de viviendas determina varios parámetros térmicos para que lo define como caso base; tales como: o vivienda de referencia según CEV.

**-Confort adaptativo:** El método determina el confort adaptativo según tres métodos, el método Andris Auliciems y Steven V. Szokolay. El método simplificado de confort adaptativo Ashrae, American society of Heating, refrigerating and air-conditioning engineers, inc. Y el método de Dear y Brager (1998). Y la combinación de los tres métodos establecer una temperatura neutra y un límite de banda para enero de  $T_n +2.5$ , y para julio  $T_n -2.5$ . es el resultante de la combinación del método como se observa en la Grafica 36.

**Grafica 36:** Temperatura de confort neutral  $T_n$ .



**Fuente:** Est, Para, & Residenciales, 2018.

- No se consideran sombras.
- Las sombras lejanas se consideran igual a la vivienda objeto.
- La demanda promedio de la vivienda girada en las cuatro orientaciones con giros de 90° de diferencia.
- El factor solar de un vidrio claro monolítico de 6mm.
- Infiltraciones.
- Ventilación.

Todo lo anterior son parámetros fijos que hacen las características de la vivienda de referencia.

Parámetros para la ciudad de Santiago y Concepción de la temperatura neutro, estipulando una temperatura nocturna no interior a 17°C. y según el método Dear y Brager:

**Tabla 9:** Temperaturas neutro máximas y mínimas, para las ciudades de Santiago y Concepción.

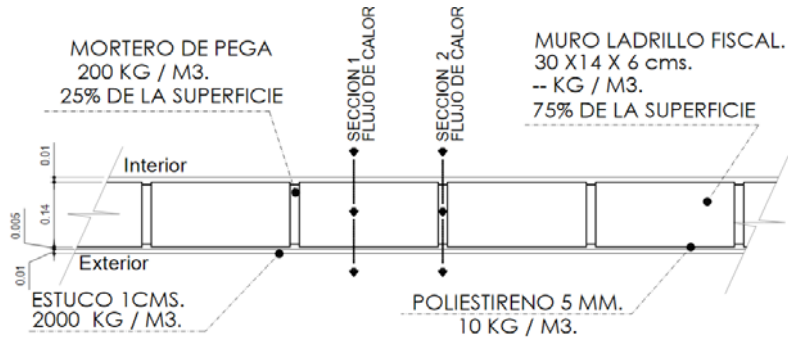
<b>Máximas Tn + 2.5°C 90% aceptabilidad</b>												
MES CIUDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>SANTIAGO</b>	26,6	26,5	25,9	25,0	24,2	23,5	23,6	23,8	24,4	25,1	25,6	26,3
<b>CONCEPCION</b>	25,9	25,6	25,2	24,6	24,2	23,7	23,0	23,8	24,0	24,5	25,1	25,6
<b>Mínimos Tn - 2.5°C 90% aceptabilidad</b>												
MES CIUDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>SANTIAGO</b>	21,6	21,5	20,9	20,0	19,2	18,5	18,6	18,8	19,4	20,1	20,6	21,3
<b>CONCEPCION</b>	20,9	20,6	20,2	19,6	19,2	18,7	18,0	18,6	19,0	19,5	20,1	20,6

**Fuente:** Elaboración propia, datos CEV, Est et al., 2018.

En la Tabla 9 se puede apreciar que la oscilación del confort adaptativo analizado por la CEV, la temperatura neutra Tn de las máximas 26.6°C en Santiago y en Concepción es de 25.9°C, mientras que las mínimas más bajas en Santiago llega a 18.5°C y en Concepción es de 18.0°C.

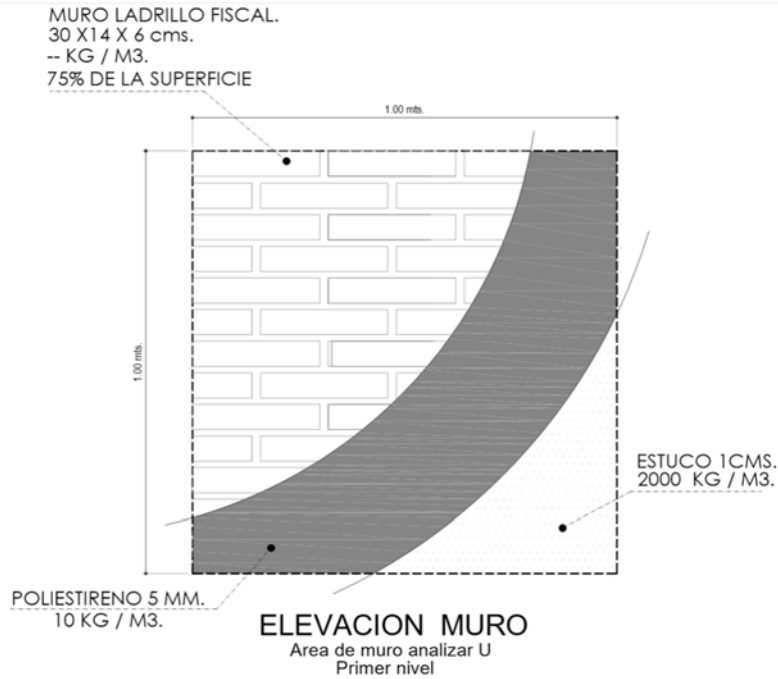
Las características constructivas y térmicas se analizan a los parámetros CEV, que determina que la estructura de tabiquería el porcentaje para estructura metálica incide en un 10% y es estructura en madera incide en un 15%. Y el cálculo simplificado de ventanas está definido y determinado por su espaciador, partiendo en vidrio simple sin espaciador con un valor de transmitancia de 5.80 W/m<sup>2</sup>°C. Llegando a una ventana DVH con espaciador de 15 o mayor con un “U” de 2.80 W/m<sup>2</sup>°C. Si se utiliza una transmitancia inferior se debe acreditar con un ensayo de transmitancia térmica del elemento, (Est et al., 2018).

**Figura 23.** detalle en planta de muro de albañilería.



**Fuente:** Elaboración propia, Nch.853, 2007

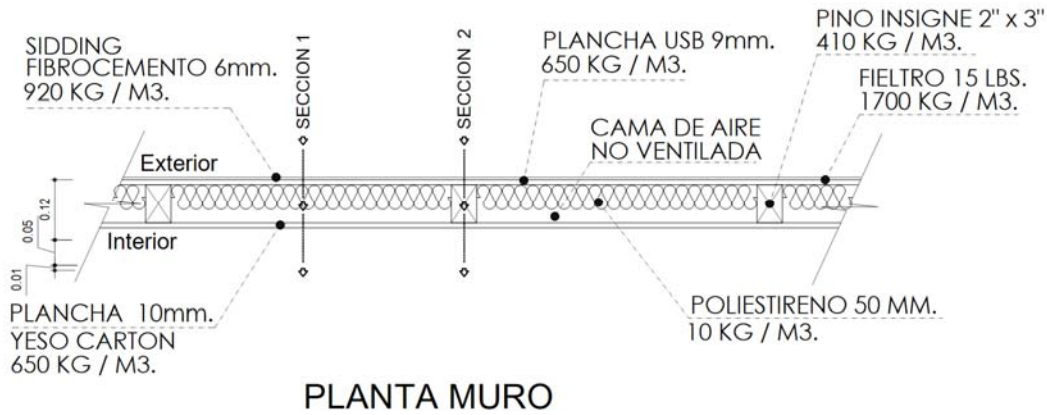
**Figura 24.** Detalle elevación de muro de albañilería



**Fuente:** Elaboración propia, Nch.853, 2007

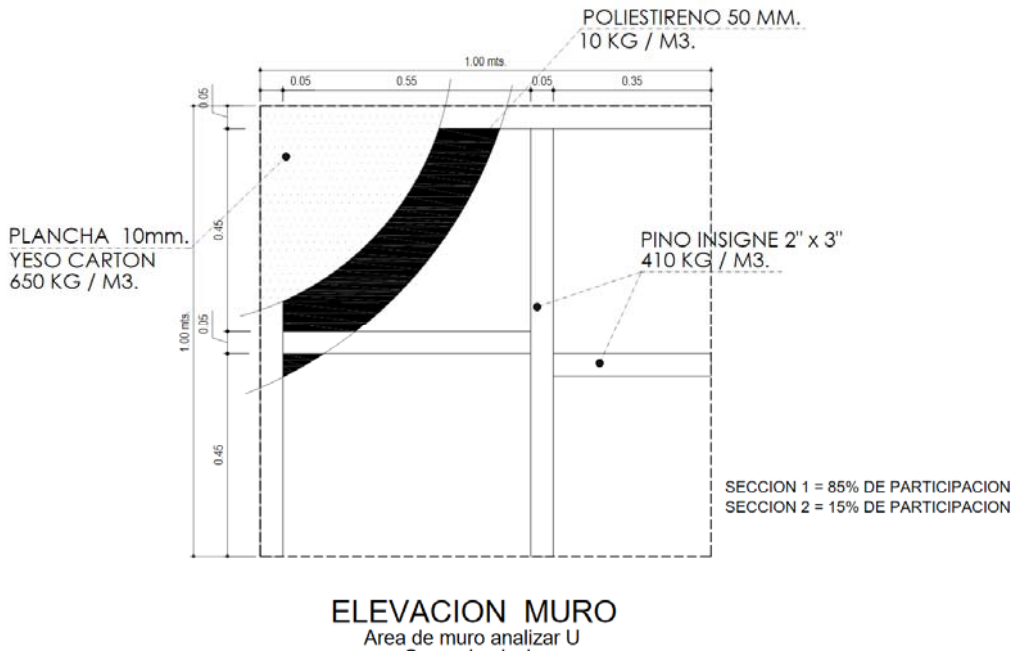
Las Figura 23 y Figura 24, muestra unas las características constructivas de un muro típicas, de ambas ciudades. El espesor de los materiales va a variar según los requerimientos que tengan la transmitancia térmica, que lo determina la zona. Los valores de las densidades de los materiales van hacer fijos.

**Figura 25.** Detalle de muro en tabiquería de madera



**Fuente:** Elaboración propia, Nch.853, 2007

**Figura 26.** Detalle elevación de muro de albañilería



**Fuente:** Elaboración propia, Nch.853, 2007

Las Figura 25 y Figura 26, muestran las características constructivas de un muro típico en tabiquería de madera, para ambas ciudades. El espesor de los materiales va a variar según los requerimientos que tengan la transmitancia térmica que lo determina la zona y el etiquetado que se desea alcanzar. Los valores de las densidades de los materiales van hacer fijos.

El cálculo de “U”, se realizó mediante calculo manual para elementos heterogéneos simples, con las definiciones de resistencias térmicas y densidades de los materiales según NCH 853-2007, (INN, 2007). “Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”, pero también se definirán según “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo”, los marcos, puerta y la estructura se define en forma separada, utilizando la NCh. 3137.

Todo lo anterior los procedimientos para acreditar las condiciones térmicas y acreditar da un fiel cumplimiento del proceso de Calificación Energética CEV, con ello poder etiquetar actualmente una vivienda en Chile.

### 3.2. ETIQUETADO DE CASOS ESTUDIO

Lo anterior información nos sirve etiquetar los casos de estudio, se puede apreciar los parámetros generales, y poder establecer los parámetros térmicos, se analiza el modelo 1, y se etiqueta con las PBDT en su versión 2.1, la vivienda en albañilería, tanto para la ciudad de Santiago y Concepción.

**Tabla 10.** Etiquetado de vivienda modelo 1 en la ciudad de Santiago

Demanda

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m2-año]	Demanda Refrigeración [kWh/m2-año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m2-año]	% Ahorro Total [kWh/m2-año]	Letra
Caso Base Oficial	7.016,6	-	117,4	-	no aplica	no aplica	120,01	10%	E
Caso Propuesto	5.156,6	1.297,0	86,3	21,7	27%	-737%	108,0		

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Discomfort frio HD (-)	Horas Discomfort calor HD (+)	Tiempo en Discomfort del total HD (-)	Tiempo en Discomfort del total HD (+)
Caso Base	156,8	9,8	54%	3%
Caso Propuesto	128,0	44,0	44%	15%

**Fuente:** Elaboración propia, PBDT en su versión 2.1, CEV 2018.

En la Tabla 10 tiene los resultados del etiquetado de una vivienda a través del CEV, se analizó la vivienda modelo 1, que está definida en un piso, la materialidad que se etiqueto fue en albañilería,

y los requerimientos térmicos, la transmitancia en muros 1.87 W/m<sup>2</sup> K, en techumbre 0,33 W/m<sup>2</sup> K, en vidrio se consideró 5,8 W/m<sup>2</sup> K, la zona térmica “D”, solo se considerando obstrucciones lejanas solo las cercanas, por lo que los resultados arrojaron 86.30kwh/m<sup>2</sup>-año para calefaccionar y 21.7 kwh/m<sup>2</sup>-año para refrigeración con un total de la demanda energética para el modelo 108.00 kwh/m<sup>2</sup>-año.

**Tabla 11.** Etiquetado modelo 1 en ciudad de Concepción

**Demanda**

Caso	Demanda Calefacción [kWh-año]	Demanda Refrigeración [kWh-año]	Demanda Calefacción [kWh/m <sup>2</sup> -año]	Demanda Refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> -año]	% ahorro Demanda Calefacción	% ahorro Demanda Refrigeración	Demanda Total [kWh/m <sup>2</sup> -año]	% Ahorro Total [kWh/m <sup>2</sup> -año]	Letra
Caso Base Oficial	7.937,9	-	132,8	-	no aplica	no aplica	132,83		
Caso Propuesto	6.111,4	347,2	102,3	5,8	23%	0%	108,1	19%	E

Caso (con un máximo de 24hrs x 12 meses) Total = 288hrs	Horas Disconfort frío HD (-)	Horas Disconfort calor HD (+)	Tiempo en Disconfort del total HD (-)	Tiempo en Disconfort del total HD (+)
Caso Base	195,3	-	68%	0%
Caso Propuesto	153,0	19,0	53%	7%

**NOTA:**

HD(+): Horas de disconfort sobre la banda de confort.

HD(-): Horas de disconfort bajo la banda de confort.

**Fuente:** Elaboración propia, PBTD en su versión 2.1, CEV 2018.

En la Tabla 11 tiene los resultados del etiquetado de una vivienda a través del CEV, se analizó la vivienda modelo 1, que está definida en un piso, la materialidad que se etiqueto fue en albañilería, y los requerimientos térmicos de establecieron bajo estos parámetros; la transmitancia en muros 1.67 W/m<sup>2</sup> K, en techumbre 0,33 W/m<sup>2</sup> K, en vidrio se consideró 5,8 W/m<sup>2</sup> K, la zona térmica “D”, solo se considerando obstrucciones lejanas solo las cercanas, por lo que los resultados arrojaron 102.30kwh/m<sup>2</sup>-año para calefaccionar y 5.8kwh/m<sup>2</sup>-año para refrigeración con un total de la demanda energética para el modelo 108.1 kwh/m<sup>2</sup>-año.

### 3.3. PARAMETROS PARA MODELAMIENTO DINAMICO

Se determina parámetros térmicos para cada modelo y ciudad, son que considera la CEV para su cálculo térmico, lo cual se lleva todos estos datos para la modelación dinámica.



**Tabla 12.** Parámetros térmico modelo 1

PARAMETROS TERMICOS DE CALCULO											
DESCRIPCION:				CALCULO DE "U"				PARAMETRO MODELAMIENTO DINAMICO			
MODEL O:	CIUDAD Y ZONA TERMICA:	MATERIALID AD:	Etiquet a:	MURO S:	TECH O:	VENTAN A:	PUERT A:	VENTILACION	CARGA OCUPACI ON	INFILTRACI ON / SIN SISTEMA DE VENTILACI ON	EQUIPOS COP
MODELO 1	SANTIAGO: ZONA 3A (ACTUAL)	ALBAÑILERIA	"A"	0,36	0,43	2,8	2,37	2,50 L/S-PERSON	0,071 P/M2	0,6 ac/h	1 Cop
			"E"	1,87	0,43	5,8	2,37			1,2 ac/h	
		TABIQUERIA MADERA.	"A"	0,55	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h	
			"E"	1,87	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h	
	ZONA D (CEV 2.1)	ALBAÑILERIA	"A"	0,36	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h	
			"E"	1,65	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h	
		TABIQUERIA MADERA.	"A"	0,55	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h	
			"E"	1,67	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13.** Parámetros térmicos modelo 2

PARAMETROS TERMICOS DE CALCULO												
DESCRIPCION:				CALCULO DE "U"				PARAMETRO MODELAMIENTO DINAMICO				
MODE LO:	CIUDAD Y ZONA TERMICA:	MATERIALIDAD:	TIPO DE NORM ATIVA:	MURO S:	TECHO :	VENTA NA:	PUERTA:	VE NT IL AC IO N	CARGA OCUPACI ON	INFILTRACION / SIN SISTEMA DE VENTILACION	EQUIPOS COP	
MODELO 1 Y 2	SANTIAGO: ZONA 3A (ACTUAL)	ALBAÑILERIA	"A"	0,36	0,43	2,8	2,37	2,50 L/S-PERSON	0,062 P/M2	0,6 ac/h	1 Cop	
			"E"	1,87	0,43	5,8	2,37			1,2 ac/h		
		ALBAÑILERIA PRIMER PISO Y TABIQUERIA SEGUNDO PISO.	"A"	0,36	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h		
			"E"	1,87	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h		
	ZONA D (CEV 2.1)	TABIQUERIA MADERA.	"A"	0,55	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h		
			"E"	1,07	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h		
		ALBAÑILERIA	"A"	0,36	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h		
			"E"	1,65	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h		
	CONCEPCION ZONA 4-A (ACTUAL)	ALBAÑILERIA PRIMER PISO Y TABIQUERIA SEGUNDO PISO	"A"	0,36	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h		
			"E"	1,07	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h		
		TABIQUERIA MADERA.	"A"	0,55	0,33	2,8	2,37			0,6 ac/h		
			"E"	1,65	0,33	5,8	2,37			1,2 ac/h		
		ZONA E (CEV 2.1)	TABIQUERIA MADERA.	"A"	0,55	0,33	2,8			2,37		0,6 ac/h
				"E"	1,07	0,33	5,8			2,37		1,2 ac/h
			ALBAÑILERIA	"A"	0,36	0,33	2,8			2,37		0,6 ac/h
				"E"	1,07	0,33	5,8			2,37		1,2 ac/h

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 12 y Tabla 13 sirve para ordenar térmicos según su zona y materialidad, visualiza de mejor manera los datos de entrada para el programa dinámico Design builder.

**Setpoint para el cálculo dinámico:**

Ciudad de Santiago:	29.1°C heating.	16° C Cooling.
Ciudad de Concepción:	28.4°C heating.	15.5°C Cooling.
Infiltración:	1.2 ac/h.	
Ventilación:	2.5 L/persona.	
Carga ocupacional:		
Vivienda modelo 1:	5 personas = 0.071 persona/m2.	
Vivienda modelo 2:	5 personas = 0.062 persona/m2.	

Los parámetros están establecidos en el sistema de calificación energética de la vivienda CEV. Definen la zona o banda de confort en base a la temperatura neutral, basados en la media de tres métodos, el primer método es de Andris Auliciems y Steven V. Szokolay, segundo método es simplificado de confort adaptativo, citado en Ashrae, y el tercer método es por Dear y Brager (1998). Con lo anterior definen el límite de la banda superior de confort para enero:  $T_n + 2.5^{\circ}\text{C}$  y para el límite inferior de la banda de confort para Julio y Junio:  $T_n - 2.5^{\circ}\text{C}$ , (Est et al., 2018).

El Cop para efectos del cálculo dinámica se establece con un 1 Cop, para que el cálculo no calcule la eficiencia del equipo y nos entregué la demanda neta.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se realizan las modelaciones dinámicas en Design builder, para calcular la demanda energética de cada modelo y ciudad.

**Tabla 14.** tabla de resultados de demanda energética actual y futura.

DESCRIPCION:					DEMANDA ENERGETICA:						
					ANALISIS ETIQUETADO	ANALISIS MODELO DINAMICO DESIGN BUILDER					
MODELO:	CIUDAD Y ZONA TERMICA:	MATERIALIDAD:	TIPO DE NORMATIVA:	UNIDAD DE MEDIDA:	ACTUAL	ACTUAL	2020	2050	2080		
M O D E L O  1	SANTIAGO 3A	ALBAÑILERIA	ALBAÑILERIA "A" MOD1	k w h / m 2  a ñ o .	41,00	36,30	28,32	24,04	18,69		
			ALBAÑILERIA "E" MOD1		115,90	96,66	79,01	69,82	58,51		
		TABIQUERIA MADERA.	TABIQUERIA TIPO "A" MOD1		43,30	48,74	37,47	32,91	27,98		
			TABIQUERIA "E" MOD1		80,90	79,05	63,38	56,05	47,64		
	CONCEPCION 4A	ALBAÑILERIA	ALBAÑILERIA "A"		40,30	40,97	32,46	28,20	21,53		
			ALBAÑILERIA "E"		122,20	104,40	85,78	76,06	60,36		
		TABIQUERIA MADERA.	TABIQUERIA "A"		48,30	56,36	43,77	38,05	29,09		
			TABIQUERIA "E"		94,80	91,24	73,47	64,48	50,24		
		M O D E L O  2	SANTIAGO 3A		ALBAÑILERIA	ALBAÑILERIA "A" MOD2	39,00	40,62	32,54	29,95	26,88
						ALBAÑILERIA "E"	90,00	129,77	108,16	99,37	87,99
ALBAÑILERIA PRIMER PISO Y TABIQUERIA MADERA EN SEGUNDO PISO.	ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "A"			40,20	42,84	33,63	31,10	28,03			
	ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "E"			113,70	111,27	92,62	84,88	74,71			
TABIQUERIA MADERA.	TABIQUERIA "A"			43,60	42,84	34,92	32,30	29,09			
	TABIQUERIA "E"			87,40	94,44	78,27	71,24	61,99			
CONCEPCION 4A	ALBAÑILERIA		ALBAÑILERIA "A"	41,40	41,42	31,92	27,81	21,76			
			ALBAÑILERIA "E"	104,20	116,43	98,69	88,22	71,95			
	ALBAÑILERIA PRIMER PISO Y TABIQUERIA MADERA EN SEGUNDO PISO.		ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "A"	43,30	41,64	32,32	28,28	22,34			
			ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "E"	125,40	111,14	90,04	80,34	65,33			
TABIQUERIA MADERA.	TABIQUERIA "A"	47,20	42,67	33,49	29,46	23,47					
	TABIQUERIA "E"	104,20	98,44	80,05	71,38	57,85					

Fuente: Elaboración propia, Design builder.

Como se predecía al inicio de la investigación se puede observar en la Tabla 14 claramente la tendencia de la reducción de la demanda por la el efecto que produce el cambio climático se analizara cada zona y su porcentaje reducción para seleccionando el modelo que tienen mayor impacto ante el cambio climático y otro que tenga menor impacto, se estudiara cada zona térmica que representa a cada ciudad en Santiago como en Concepción.

En Tabla 14, la columna del etiquetado es la demanda de calefacción en la vivienda, calculado con el modelamiento estático CEV del etiquetado V.1 y V2.1, se observa que tiene variaciones según la materialidad y el modelo de vivienda, se compara con el modelamiento

dinámico Design builder y su demanda actual, y se observan leves variación entre ambos, por parámetros climáticos de ambos modelamientos o diferencias entre cada programa.

**Tabla 15.-**Tabla comparativa demanda energética y el porcentaje de reducción en escenarios futuros.

DESCRIPCION:				REDUCCION DE LA DEMANDA:							
MODELO:	CIUDAD Y ZONA TERMICA:	MATERIALIDAD:	TIPO DE NORMATIVA:	DIFERENCIA DE LA DEMANDA ACTUAL CON AÑO 2020:		DIFERENCIA DE LA DEMANDA 2020 CON AÑO 2050:		DIFERENCIA DE LA DEMANDA 2050 CON AÑO 2080:		TOTAL DE REDUCCION	
				kwh/m2 año.	PROCENTAJE:	kwh/m2 año.	PROCENTAJE:	kwh/m2 año.	PROCENTAJE:	kwh/m2 año.	PROCENTAJE:
M O D E L O  1	SANTIAGO 3A	ALBAÑILERIA	CALIFICACION TIPO "A"	7,98	21,98	4,28	11,79	5,35	14,74	17,61	48,51
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	17,65	18,26	9,19	9,51	11,31	11,70	38,15	39,47
		TABIQUERIA MADERA.	CALIFICACION TIPO "A"	11,27	23,12	4,56	9,36	4,93	10,11	20,76	42,59
			O.G.U.C. CALIFICACION "D"	15,67	19,82	7,33	9,27	8,41	10,64	31,41	39,73
	CONCEPCION 4A	ALBAÑILERIA	CALIFICACION TIPO "A"	8,51	20,77	4,26	10,40	6,67	16,28	19,44	47,45
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	18,62	17,84	9,72	9,31	15,70	15,04	44,04	42,18
		TABIQUERIA MADERA.	CALIFICACION TIPO "A"	12,59	22,34	5,72	10,15	8,96	15,90	27,27	48,39
			O.G.U.C. CALIFICACION "D"	17,77	19,48	8,99	8,85	14,24	15,61	41,00	44,94
M O D E L O  2	SANTIAGO 3A	ALBAÑILERIA	CALIFICACION TIPO "A"	8,08	19,89	2,59	6,38	3,07	7,56	13,74	33,83
			O.G.U.C. CALIFICACION "D"	21,61	16,65	8,79	6,77	11,38	8,77	41,78	32,20
		ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA MADERA	CALIFICACION TIPO "A"	9,21	21,50	2,53	5,91	8,07	7,17	14,81	34,57
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	18,65	16,76	7,74	6,96	10,17	9,14	36,56	32,86
		TABIQUERIA MADERA.	CALIFICACION TIPO "A"	7,92	18,49	2,62	6,12	3,21	7,49	13,75	32,10
			O.G.U.C. CALIFICACION "D"	16,17	17,12	7,03	7,44	9,25	9,79	32,45	34,36
	CONCEPCION 4A	ALBAÑILERIA	CALIFICACION TIPO "A"	9,50	22,94	4,11	9,92	6,05	14,61	19,66	47,46
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	17,74	15,24	10,47	8,99	16,27	13,97	44,48	38,20
		ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA MADERA	CALIFICACION TIPO "A"	9,32	22,38	4,04	9,70	5,94	14,27	19,30	46,35
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	21,10	18,99	9,70	8,73	15,01	13,51	45,81	41,22
		TABIQUERIA MADERA.	CALIFICACION TIPO "A"	9,18	21,51	4,03	9,44	5,99	14,04	19,20	45,00
			O.G.U.C. CALIFICACION "E"	18,39	18,68	8,67	8,81	13,53	13,74	40,59	41,23

**Fuente:** Elaboración propia, Design builder.

En la Tabla 15 se puede observar en detalle el porcentaje de la reducción total de la demanda por cada periodo de estudio, el modelo 1 de un piso en materialidad en albañilería con etiqueta “A” reduciendo un siendo el 48.51% ubicada en la zona térmica 3ª, es la ciudad de Santiago, es la máxima que se dio en los modelamiento que se realizaron, y la que menos redujo su demanda fue en un 32,10% en tabiquería modelo de segundo piso con etiqueta “A”, en la ciudad de Santiago, por lo que son casos relevantes para analizar sus condiciones de confort y su imparto real en el interior de la vivienda para medir si es un impacto positivo en calefacción o negativo en refrigeración, de mejor forma la reducción de su demanda.

De los 2 modelos de vivienda, que se compone de una vivienda de un piso y otro modelo de dos pisos, se modelaron 20 escenarios, 10 de cada modelo, las variables fueron:

- Zona termia A4 Concepción y A3 Santiago.
- Materialidad se modelaron en albañilería y tabiquería.

-Etiqueta “E” y “A”.

Se seleccionan 7 escenarios para evaluar en detalle la demanda de calefacción y refrigeración:

1. Modelo de un piso, Santiago en tabiquería con etiqueta “E”.
2. Modelo de un piso, Concepción en tabiquería con etiqueta “A”.
3. Modelo de un piso, Concepción en tabiquería con etiqueta “E”.
4. Modelo dos pisos, Santiago en tabiquería y albañilería con etiqueta “A”.
5. Modelo dos pisos, Santiago en tabiquería con etiqueta “A”.
6. Modelo dos pisos, Santiago en albañilería con etiqueta “A”.
7. Modelo dos pisos, Concepción en tabiquería y albañilería “E”.

#### 4.1. ANÁLISIS DE CASOS REPRESENTATIVOS:

La selección de los 7 escenarios se basa en los casos extremos, para evaluar su comportamiento de demanda de calefacción y refrigeración; para analizar el impacto del cambio climático, sus efecto positivos o negativos en la demanda.

**Tabla 16:** refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en albañilería, Santiago

SANTIAGO MODELO 2 ETIQUETA “A” EN ALBAÑILERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling kWh	Zone Heating kWh	Total Cooling kWh	Zone Heating kWh	Total Cooling kWh	Zone Heating kWh	Total Cooling kWh	Zone Heating kWh
ENERO	-35,97	1,46	-59,75	0,37	-95,45	0,01	-127,74	0,00
FEBRERO	-26,19	2,90	-40,55	0,95	-57,20	0,24	-96,25	0,00
MARZO	-11,57	19,93	-17,27	11,02	-28,14	4,78	-55,52	1,06
ABRIL	-0,81	127,53	-1,68	84,55	-3,53	60,77	-8,03	29,43
MAYO	0,00	322,96	-0,02	252,33	-0,04	218,92	-0,30	139,71
JUNIO	0,00	422,02	0,00	333,43	0,00	307,18	0,00	248,70
JULIO	0,00	514,00	0,00	424,52	0,00	380,31	0,00	322,40
AGOSTO	0,00	378,53	-0,01	290,27	-0,07	240,74	-0,09	204,06
SEPTIEMBRE	-0,03	211,60	-0,13	145,97	-0,22	116,65	-0,88	77,43
OCTUBRE	-0,58	105,96	-1,14	67,57	-3,66	39,94	-9,17	17,84
NOVIEMBRE	-3,56	23,38	-6,81	13,94	-15,76	6,73	-36,54	2,16
DICIEMBRE	-24,96	4,86	-39,27	2,01	-69,88	0,37	-103,89	0,00
TOTAL:	-103,67	2135,12	-166,62	1626,93	-273,94	1376,63	-438,41	1042,81
DEMANDA:	-1,88	38,74	-3,02	29,52	-4,97	24,98	-7,96	18,92

kWh/m2 año

ESCALA DE COLOR:	
>100	>400
>60	>200
>30	>100
>15	>50
0	0

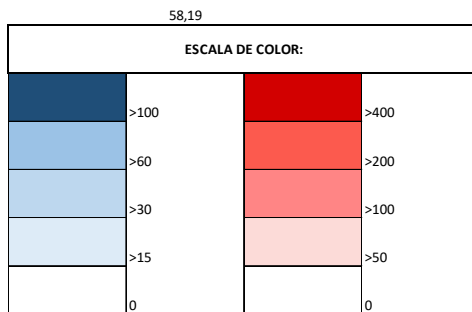
Fuente: Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

La Tabla 16 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Santiago con etiqueta “A”, con materialidad de albañilería tiene un aumento en un 423% su demanda de refrigeración, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 48%.

**Tabla 17:** refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en albañilería y tabiquería, Santiago.

SANTIAGO MODELO 2								
ETIQUETA "A" EN ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-44,57	1,27	-69,76	0,31	-107,80	0,01	-142,47	0,00
FEBRERO	-32,96	2,66	-48,42	0,82	-66,16	0,19	-107,97	0,00
MARZO	-15,21	23,70	-21,65	12,87	-33,53	5,17	-63,31	0,94
ABRIL	-1,45	141,78	-2,50	95,48	-4,74	69,65	-9,85	34,44
MAYO	-0,07	346,01	-0,17	272,97	-0,26	238,06	-0,72	154,05
JUNIO	0,00	448,45	0,00	356,39	0,00	329,33	0,00	267,97
JULIO	0,00	543,53	0,00	450,65	0,00	404,74	0,00	344,15
AGOSTO	-0,02	403,21	-0,08	311,99	-0,24	260,86	-0,29	222,23
SEPTIEMBRE	-0,10	228,53	-0,28	159,82	-0,46	128,67	-1,38	86,18
OCTUBRE	-1,15	117,38	-2,07	76,06	-5,54	45,25	-12,18	20,01
NOVIEMBRE	-6,02	25,92	-10,28	15,51	-21,05	7,49	-43,77	2,01
DICIEMBRE	-32,09	4,50	-47,33	1,78	-80,25	0,30	-117,14	0,00
TOTAL:	-133,64	2286,95	-202,55	1754,64	-320,03	1489,70	-499,09	1131,98
DEMANDA:	-2,48	40,36	-3,48	30,15	-5,50	25,60	-8,58	19,45

Kwh/m2 año



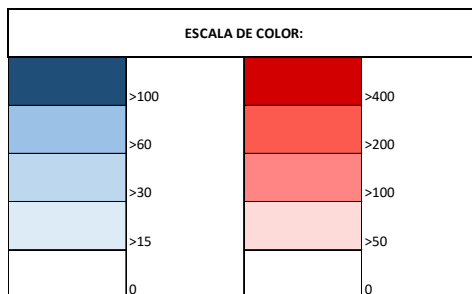
Fuente: Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 17 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Santiago con etiqueta “A”, con materialidad de albañilería y tabiquería tiene un aumento en un 374% su demanda de refrigeración, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 49%, se sobrecalentó.

**Tabla 18:** refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “A” en tabiquería, Santiago.

SANTIAGO MODELO 2 ETIQUETA "A" EN TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-51,78	4,30	-78,65	1,49	-119,89	0,23	-157,41	0,01
FEBRERO	-38,03	6,85	-54,42	3,09	-73,35	1,23	-118,49	0,07
MARZO	-17,19	34,49	-24,11	20,61	-36,93	9,70	-68,65	2,74
ABRIL	-1,76	163,62	-2,93	113,02	-5,39	84,12	-10,75	43,72
MAYO	-0,09	378,76	-0,22	301,91	-0,32	264,65	-0,85	175,07
JUNIO	0,00	485,80	0,00	389,23	-0,01	361,06	-0,01	295,34
JULIO	0,00	585,96	0,00	488,63	0,00	440,61	0,00	376,01
AGOSTO	-0,03	441,37	-0,11	345,51	-0,30	291,71	-0,36	250,07
SEPTIEMBRE	-0,13	256,62	-0,35	183,17	-0,57	149,33	-1,60	102,62
OCTUBRE	-1,44	137,21	-2,51	92,54	-6,48	58,06	-13,98	28,67
NOVIEMBRE	-7,67	36,35	-12,86	23,47	-25,39	12,93	-50,44	4,49
DICIEMBRE	-37,74	9,57	-54,32	5,03	-89,78	1,63	-129,49	0,26
TOTAL:	-155,86	2540,89	-230,47	1967,71	-358,41	1675,27	-552,01	1279,07
DEMANDA:	-2,48	40,36	-3,66	31,26	-5,69	26,61	-8,77	20,32

Kwh/m2 año



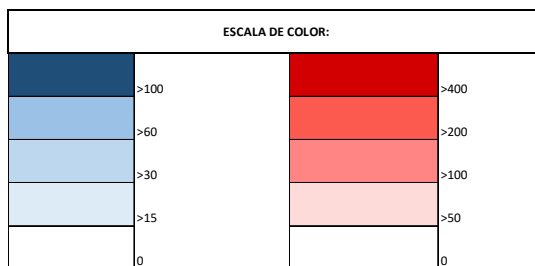
**Fuente:** Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 18 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Santiago con etiqueta “A”, con materialidad de tabiquería tiene un aumento en un 354% su demanda de refrigeración, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 50%, se sobrecalentó que el modelo anterior.

**Tabla 19.** refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “E” en tabiquería, Santiago.

SANTIAGO MODELO 1 ETIQUETA "E" EN TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-12,8728	3,797252	-32,24352	0,511233	-84,43726	0	-151,6911	0
FEBRERO	-7,598039	8,966552	-17,47097	1,560439	-35,48814	0,250816	-103,0525	0
MARZO	-1,687878	90,94855	-3,755206	54,58271	-9,97258	23,76948	-37,76016	3,39294
ABRIL	0	340,3	-0,020208	241,2575	-0,239805	178,1253	-1,480073	94,38435
MAYO	0	733,8759	0	601,1878	0	533,6191	0	370,1301
JUNIO	0	911,7319	0	756,8148	0	705,1718	0	585,4522
JULIO	0	1104,775	0	939,9506	0	854,2202	0	739,1037
AGOSTO	0	869,9032	0	697,5427	0	595,6253	0	517,4453
SEPTIEMBRE	0	551,8267	0	417,1392	0	349,2209	-0,071668	246,4665
OCTUBRE	-0,003228	328,7381	-0,092253	239,215	-1,181024	155,7451	-4,121543	77,35918
NOVIEMBRE	-0,633008	98,10784	-1,835961	55,5304	-6,7202	25,35018	-22,18757	7,487445
DICIEMBRE	-9,913797	19,30504	-19,03632	5,052983	-53,51685	0,055802	-108,7163	0
TOTAL:	-32,71	5062,28	-74,45	4010,35	-191,56	3421,15	-429,08	2641,22
DEMANDA:	-0,51	78,54	-1,16	62,22	-2,97	53,08	-6,66	40,98

Kwh/m2 año



**Fuente:** Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 19 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Santiago con etiqueta “E”, con materialidad de tabiquería tiene un aumento en un 1303% su demanda de



refrigeración, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 52%, se sobrecalentó que el modelo anterior.

**Tabla 20.** refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “A” en tabiquería, Concepción.

CONCEPCION MODELO 1								
ETIQUETA "A" EN TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	0,00	20,03	0,00	5,83	0,00	1,57	-0,31	0,21
FEBRERO	0,00	33,88	0,00	15,24	0,00	8,12	-0,03	1,44
MARZO	0,00	80,90	0,00	51,37	0,00	30,63	0,00	8,52
ABRIL	0,00	229,68	0,00	162,30	0,00	124,16	0,00	62,07
MAYO	0,00	498,91	0,00	381,74	0,00	339,30	0,00	242,03
JUNIO	0,00	632,58	0,00	529,62	0,00	491,23	0,00	406,80
JULIO	0,00	679,97	0,00	581,17	0,00	531,29	0,00	454,55
AGOSTO	0,00	557,92	0,00	442,46	0,00	391,25	0,00	327,49
SEPTIEMBRE	0,00	418,22	0,00	328,59	0,00	289,46	0,00	225,33
OCTUBRE	0,00	281,94	0,00	207,18	0,00	166,04	0,00	108,97
NOVIEMBRE	0,00	139,17	0,00	85,84	0,00	60,31	0,00	26,71
DICIEMBRE	0,00	44,72	0,00	18,38	0,00	9,30	-0,05	2,36
TOTAL:	0,00	3617,92	0,00	2809,71	0,00	2442,68	-0,39	1866,48
DEMANDA:	0,00	56,36	0,00	43,77	0,00	38,05	-0,01	29,08

Kwh/m2 año

ESCALA DE COLOR:			
>100		>400	
>60		>200	
>30		>100	
>15		>50	
0		0	

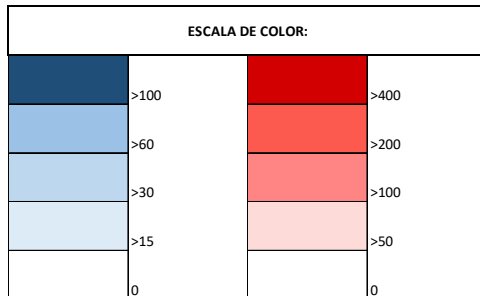
**Fuente:** Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 20 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Concepción con etiqueta “A”, con materialidad de tabiquería no tiene demanda de refrigeración relevante, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 52%, es el mejor de los modelos hasta ahora analizados.

**Tabla 21.** refrigeración y calefacción, modelo 1 etiqueta “E” en tabiquería, Concepción.

CONCEPCION MODELO 1 ETIQUETA "E" EN TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	0,00	86,56	0,00	41,21	-0,06	17,92	-0,31	0,21
FEBRERO	0,00	109,64	0,00	64,89	-0,01	44,19	-0,03	1,44
MARZO	0,00	199,17	0,00	146,49	0,00	101,71	0,00	8,52
ABRIL	0,00	409,97	0,00	314,79	0,00	256,46	0,00	62,07
MAYO	0,00	748,00	0,00	599,64	0,00	542,44	0,00	242,03
JUNIO	0,00	914,77	0,00	784,80	0,00	736,71	0,00	406,80
JULIO	0,00	986,55	0,00	860,37	0,00	793,70	0,00	454,55
AGOSTO	0,00	838,70	0,00	690,96	0,00	622,88	0,00	327,49
SEPTIEMBRE	0,00	669,38	0,00	553,72	0,00	498,38	0,00	225,33
OCTUBRE	0,00	495,23	0,00	395,98	0,00	333,69	0,00	108,97
NOVIEMBRE	0,00	290,28	0,00	211,09	0,00	164,88	0,00	26,71
DICIEMBRE	0,00	133,00	0,00	71,83	0,00	43,49	-0,05	2,36
TOTAL:	0,00	5881,25	0,00	4735,75	-0,07	4156,44	-0,39	1866,48
DEMANDA:	0,00	91,24	0,00	73,47	0,00	64,48	0,03	50,21

Kwh/m2 año



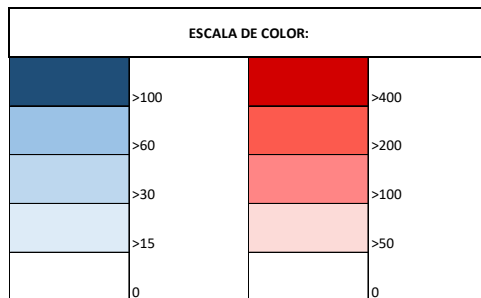
**Fuente:** Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 21 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Concepción con etiqueta “E”, con materialidad de tabiquería no tiene demanda de refrigeración relevante, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 32%, se comporta bien la demanda pero el de etiqueta “A” tiene mejor comportamiento de los modelos hasta ahora analizados.

**Tabla 22.** refrigeración y calefacción, modelo 2 etiqueta “E” en albañilería y tabiquería, Concepción.

CONCEPCION MODELO 2								
ETIQUETA "E" EN ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA								
MES	ACTUAL		2020		2050		2080	
	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating	Total Cooling	Zone Heating
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-7,85	144,92	-19,01	85,26	-36,54	50,47	-62,60	23,41
FEBRERO	-7,44	169,67	-15,63	116,32	-22,71	87,99	-47,65	46,92
MARZO	-4,31	272,78	-7,18	210,03	-10,21	157,11	-23,49	86,54
ABRIL	-0,14	480,54	-0,31	372,16	-0,64	312,09	-1,64	199,74
MAYO	0,00	826,69	0,00	650,35	0,00	590,70	-0,05	450,36
JUNIO	0,00	998,22	0,00	848,40	0,00	798,24	0,00	678,61
JULIO	0,00	1075,08	0,00	928,80	0,00	858,79	0,00	750,90
AGOSTO	0,00	923,45	0,00	753,94	0,00	683,41	0,00	595,33
SEPTIEMBRE	-0,05	749,62	-0,13	623,39	-0,18	565,53	-0,40	472,83
OCTUBRE	-0,21	566,44	-0,78	458,21	-1,60	395,38	-3,88	303,93
NOVIEMBRE	-0,26	339,97	-0,58	259,56	-1,27	213,19	-4,67	136,58
DICIEMBRE	-2,78	182,39	-8,39	112,05	-18,29	76,96	-41,15	39,19
TOTAL:	-23,04	6729,75	-52,01	5418,47	-91,46	4789,88	-185,54	3784,34
DEMANDA:	-0,38	110,76	-0,86	89,18	-1,51	78,83	-3,05	62,28

Kwh/m2 año



**Fuente:** Elaboración Propia, Modelación, Desing Builder, V5.4.0.021

En la Tabla 22 se observa muy claramente que el modelo ubicado en Santiago con etiqueta “E”, con materialidad de tabiquería tiene un aumento en un 802% su demanda de refrigeración, en los meses de verano, pero en calefacción la redujo en un 56%, se sobrecalentó que el modelo anterior.

**Tabla 23.** Impacto en la demanda de calefacción y refrigeración.

IMPACTO EN LA DEMANDA DE R Y C			
MODELO:	CIUDAD Y ZONA TERMICA:	MATERIALIDAD Y ETIQUETA:	VARIACION DE LA DEMANDA:
M O D E L O  1	SANTIAGO 3A - D	TABIQUERIA "E"	Refrigeracion + 1303%
			Calefaccion - 52%
	CONCEPCION 4A - E	TABIQUERIA "A"	Refrigeracion + 0%
		TABIQUERIA "E"	Calefaccion - 32%
M O D E L O  2	SANTIAGO 3A - D	ALBAÑILERIA "A"	Refrigeracion + 423%
			Calefaccion - 48%
		ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "A"	Refrigeracion + 374%
		TABIQUERIA "A"	Calefaccion - 49%
		Refrigeracion + 354%	
		Calefaccion - 50%	
	CONCEPCION 4A - E	ALBAÑILERIA Y TABIQUERIA "E"	Refrigeracion + 802%
			Calefaccion - 56%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla 23 es un resumen de impacto que tuvo el cambio climático en la demanda de calefacción y refrigeración de los 7 escenarios seleccionados, el modelo de vivienda que mejor reacciona y obtiene mejores resultados es el caso del modelo de un piso, con albañilería con etiqueta "A", ya que no se vio afectada su refrigeración y obtuvo un mayor beneficio en la reducción de la calefacción.

Hay dos casos más críticos de los analizados el modelo 1 en Santiago con tabiquería con etiqueta "E" que aumentó en un 1303% de su demanda de refrigeración actual y otro modelo fue el modelo 2 en Concepción con materialidad de albañilería y tabiquería etiqueta "E" que alcanza un aumento del 802% en su demanda de refrigeración.

## CONCLUSIÓN

Los resultados que se analizaron anteriormente, solo muestran una estimación del comportamiento que va tener la demanda energética en el tiempo, bajo un escenario promedio, pero no considera los cambios bruscos o fenómenos que pueda tener en un periodo determinado. Se ha observado que la tendencia es al alza de temperaturas, ya que la diferencia de estas se analizó en los años 1973 al 2017 en la ciudad de Santiago y presentaban una oscilación de 7°C en la máxima y 9°C en la mínima y en cambio en la ciudad de Concepción la máxima oscilaba entre 8°C y en la mínima 9°C.

Se puede apreciar que las variaciones, en lo que a registros se refiere, es absolutamente relevante continuar monitoreando estos datos y así ir mejorando los futuros escenarios. (Garreaud, 2011).

El gobierno de Chile, dentro de los planes de mitigación implementados, creo un sistema de etiquetado llamado CEV (calificación energética de vivienda), el cual desde su versión 1.0 hasta su versión 2.1 ha sufrido mejoras sustanciales. Esto se debe a que inicialmente solo media la demanda energética de calefacción y ahora se le suma la medición de la demanda de refrigeración.

Basado en lo anterior se han evaluado en dos ciudades del país, modelos de vivienda, de un piso y otra de dos pisos. Simulando así 10 casos de parametrización simple por cada ciudad. Con materialidades predominantes tales como albañilería y tabiquería en madera.

Dando como resultado etiquetas del tipo “E” caso referencia CEV y “A” como el más eficiente.

A consecuencia del comportamiento de la demanda, esta se ve beneficiada, en el total de los escenarios estudiados, reflejando una reducción del orden de un 32.10% hasta un 48.51%. Por lo que el cambio climático favorece en el total de la demanda.

Las evaluaciones en detalle, dicen que para la ciudad de Santiago el modelo de dos pisos con tabiquería y etiqueta “E”, tiene un aumento del 1303% en su demanda de refrigeración y una reducción del 52% en su demanda de calefacción, por lo que este tipo de modelo de vivienda no es

recomendable para la zona térmica analizada. Y para la ciudad de Concepción el modelo más desfavorable es el de dos pisos, ya que incrementa en un 800% su demanda de refrigeración.

Para ambas ciudades los meses críticos del alza de refrigeración se dieron en el periodo de verano, siendo el mes de enero el más complicado, siendo esto un común, pero con el efecto del cambio climático se aprecia unas leves alzas a los inicios del otoño y en termino de primavera. La zona mas afectada es la ciudad de Santiago.

Por lo que el modelo más adecuado para Santiago se presentó en la vivienda de un piso construida en albañilería con etiqueta “A”, manteniendo la tendencia en la reducción de calefacción, y no generando alzas significativas en su demanda de refrigeración. Mientras que el modelo de dos pisos con tabiquería y etiqueta “E” es la mas desfavorable para la ciudad.

Y para Concepción el mejor modelo de vivienda es el modelo de un piso ya que no presenta alzas en la demanda de refrigeración y mantiene una reducción de su demanda de calefacción, sin influenciar su materialidad y la etiqueta. Mientras que el modelo de segundo piso con materialidad de tabiquería con etiqueta “E” es el más desfavorable para la ciudad,

Esto marca una tendencia de preferencia en construcción para enfrentar de mejor forma el cambio climático, y reducción de el impacto que genera este fenómeno.

Propuestas de futuros estudios:

Proyecto de mansardas.

proyecto passive house.

Estudio de todas las zonas climáticas de Chile.

Sector comercial y público.

Las diferentes estrategias de ganancias solares para invierno.

Estudio de invernaderos.

Propuestas para el sistema CEV:

-Establecer etiqueta de materiales para identificar y certificar su comportamiento térmico.

-Permitir un modelamiento más dinámico para establecer estrategias más complejas a las viviendas.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarez Conde, S. S. (2007). Cambio Climatico En America Latina Y El Caribe: Impactos, Vulnerabilidad Y Adapcion, 23(2000), 23–30. Retrieved from <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Equidad-Desarrollo-Social/40.pdf>
- Belcher, S. E., Hacker, J. N., & Powell, D. S. (2005). Constructing design weather data for future climates. *Building Services Engineering Research and Technology*, 26(1), 49–61. <https://doi.org/10.1191/0143624405bt112oa>
- Bustamante, W., Encinas, F., Martínez, P., Brahm, M., & Ibaceta, I. (2009). *Guia de diseño para la eficiencia energetica en la vivienda social*.
- Energía, M. de. (2017). *Informe-Técnico-enero-2017.pdf*.
- Esposito, V., Randazzo, A., Galeone, A., Varra, M., & Mayol, L. Plan de acción nacional de cambio climatico 2017 - 2022, 12 *Bioorganic and Medicinal Chemistry* § (2004). <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2003.11.019>
- Est, S., Para, C., & Residenciales, E. Manual de procedimientos calificacion energetica de viviendas en chile. (2018).
- Garreaud, D. (2011). Cambio Climático : Bases Físicas e Impactos en Chile. *Revista Tierra Adentro - INIA*, (93).
- González González, D., & Márquez Nerey, E. (2008). Cambio climático global. *Viaje Al Centro de La Ciencia*, 1–10. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibe01.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf=033876>
- INN. Norma Chilena 853-2007 (2007).
- Jentsch, M. F., Bahaj, A. S., & James, P. A. B. (2013). CCWorldWeatherGen, Climate change world weather file generator, Version 1.8. *Sustainable Energy Research Group*, (October).

- Magrin, G., & Travasso, M. (2007). Variabilidad climática, cambio climático y sector agropecuario. *S/D*. Retrieved from <http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/ext/climaLatino/INTA-IPCC.pdf>
- Minenergia., CNE., SEC., CCHEN., ACHEE., & CIFES. (2016). Energía abierta. Retrieved from <http://energiaabierta.cl/>
- Minvu, ministerio de vivienda y urbanismo. (2017a). Observatorio urbano. Retrieved from <http://www.observatoriourbano.cl/>
- Minvu, ministerio de vivienda y urbanismo. Ordenanza general de urbanismo y construcción, 1 *Journal of Personality and Social Psychology* § (2017). <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x>
- Nakicenovic, N., and Davidson, O., E. Summary for Policymakers Summary for Policymakers (2000).
- Oficina, C., & Climático, D. E. C. (2016). Resumen Climático Chile - 2016, 4–8.
- ONU. (2017). Naciones unidas, departamento de asuntos económicos. Retrieved from <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Optivent 2.0. (n.d.). Clima Concepción. Retrieved November 28, 2018, from <http://optivent.ubiobio.cl/Concepcion/>
- Social, C. D. V. (2007). Concepto de Vivienda Social.
- Stevens, E., Borregaard, N., Bofill, P., Searle, J. P., Bello, F., & Kennedy, P. (2017). Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía, 232. Retrieved from <https://www.thepmr.org/system/files/documents/Chile Mitigation Plan for the Energy Sector.pdf>
- WeatherShiftTM. (n.d.). WeatherShift V2.0. Retrieved November 26, 2018, from <http://www.weather-shift.com/>
- WMO, & UNEP. (1988). IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved November 26, 2018, from <http://www.ipcc.ch>



## **GLOSARIO:**

**Grados/día:** en un período de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como "base", y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura de base, igualando a la "base" aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

**Calificación energética:** Procedimiento que busca la entrega de información objetiva acerca de la eficiencia energética de una vivienda, que parte con la evaluación de eficiencia energética de la misma y que culmina con la entrega de un informe y una etiqueta de eficiencia energética. Esta calificación tiene el carácter de definitiva por un período de diez años o hasta que la vivienda sea objeto de modificaciones.

**Etiqueta de eficiencia energética:** Documento que grafica la calificación energética de "arquitectura", obtenida para la vivienda en virtud del proceso de calificación o precalificación y que acompaña al informe de calificación de eficiencia energética respectivo.

**Herramienta de cálculo:** Sistema informático que permite ordenar la información necesaria para la calificación energética de la vivienda. Además, permite a los evaluadores energéticos realizar algunos cálculos necesarios en forma automática, y entrega los resultados necesarios para la confección del informe de calificación de eficiencia energética y de la etiqueta de eficiencia energética.

**Planillas de balance térmico dinámico:** Herramientas de cálculo, en formato Excel®, mediante las cuales se realiza un balance térmico cada 60 segundos, evaluando la temperatura al interior del recinto con base en los flujos de las distintas variables de entrada de la calificación energética de vivienda.

**Vivienda nueva:** Vivienda que cuente con permiso de edificación (PE), o modificaciones a este, emitidos con fecha posterior a enero de 2007 y cuya Recepción final de obra nueva (RF) tenga una data menor a cinco años.

**Vivienda a calificar:** Vivienda que el mandante le encarga calificar a un evaluador energético acreditado. En algunos casos también se denomina "vivienda objeto".

**Vivienda existente:** Vivienda que no cumple con la definición de vivienda nueva.

**Vivienda de referencia:** Vivienda utilizada para hacer la comparación con la vivienda a calificar y obtener los porcentajes de diferencia con esta que conducen a la calificación final (para más detalle, ver ANEXO E: Vivienda de referencia).

La vivienda de referencia es igual a la evaluada en forma, dimensiones, ubicación geográfica, ganancias internas y superficie vidriada, pero difiere de esta en los siguientes aspectos:

- Posee una orientación promedio de ventanas (norte, sur, este, oeste).
- La envolvente cumple en forma exacta con los requerimientos de transmitancia térmica “U”, establecidos en el art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).
- Considera ventanas de vidrio y marcos según el máximo admisible para la localidad en cuanto a valor “U” ponderado por orientación.
- Contempla sistema de ventilación natural.

**Vivienda económica:** la que se construye en conformidad a las disposiciones del D.F.L. N.º 2, de 1959; las construidas por las ex Corporaciones de la Vivienda, de Servicios Habitacionales y de Mejoramiento Urbano y por los Servicios de Vivienda y Urbanización y los edificios ya construidos que al ser rehabilitados o remodelados se transformen en viviendas, en todos los casos siempre que la superficie edificada no supere los 140 m<sup>2</sup> y reúna los requisitos, características y condiciones que se fijan en el presente Título.

**Vivienda Social:** la vivienda económica de carácter definitivo, cuyas características técnicas se señalan en este título, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%.

**Casa:** Es toda construcción permanente con entrada directa desde la calle, jardín o terreno (chalet, casa pareada, casa de cité, pabellón, casa al interior, etc.).

**Mejora, mediagua:** Es una construcción de material ligero (de madera) de carácter semi-permanente. Normalmente está compuesta por una o dos piezas, generalmente con piso de tierra o madera. El techo puede tener más de una caída y los servicios higiénicos (W.C.) generalmente están ubicados al exterior de la vivienda.

**Rancho, choza:** Es una construcción típicamente rural de material ligero (barro empajado, totora, quincha, pirca, etc.), separada e independiente.

**Ruca:** Es una construcción típica del pueblo mapuche.

**Departamento en edificio:** Es la vivienda ubicada en un edificio con una entrada independiente desde un pasillo, escala u otro espacio común.

**ANEXO**

**Tabla 24:** Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Santiago.

CIUDAD DE SANTIAGO	TEMPERATURA		
	AÑO	MAXIMA	MEDIA
1973	36	15	-3
1974	32	16	-5
1975	34	14	-4
1976	35	14	-6
1977	35	15	-4
1978	35	14	-4
1979	36	14	-6
1980	35	14	-4
1981	34	14	-4
1982	35	15	-2
1983	35	14	-5
1984	33	14	-4
1985	34	14	-2
1986	38	15	-2
1987	34	15	-4
1988	35	14	-4
1989	35	15	-4
1990	39	14	-5
1991	35	14	-4
1992	36	14	-6
1993	34	14	-6
1994	35	15	-3
1995	34	15	-3
1996	35	14	-6
1997	35	15	-2
1998	36	15	-4
1999	33	14	-4
2000	34	14	-3
2001	34	15	-6
2002	34	15	-2
2003	36	15	-4
2004	35	15	-4
2005	36	15	-3
2006	35	15	-2
2007	34	14	-5
2008	34	15	-2
2009	35	15	-3
2010	36	15	-4
2011	34	15	-4
2012	36	16	-2
2013	36	14	-3
2014	35	15	-1
2015	36	16	-2
2016	36	18	-1
2017	37	14	-2
UNIDAD	°C		
DATOS: AEROPUERTO ARTURO MERINO BENITEZ. LAT. -33,38 LONG. -70,79			
MAYOR:	39	18	-6
MENOR:	32	14	-1
DIFERENCIA:	7	4	-5
PROMEDIO TOTAL P	35,02	14,6888889	-3,62
PROMEDIO DEL AÑO	34,93	14,44	-1,52
PROMEDIO DEL AÑO	35,17	15,06	-0,89

**Fuente:** Elaboración Propia, Estación meteorológica: Aeropuerto Arturo Merino Benítez.

**Tabla 25:** Temperaturas de los años 1973 al 2017 de la ciudad de Concepción.

CIUDAD DE CONCEPCION	TEMPERATURA:		
	AÑO:	MAXIMA:	MEDIA:
1973	26	12	-2
1974	30	13	0
1975	25	13	0
1976	29	13	-4
1977	32	14	0
1978	30	13	0
1979	28	13	-2
1980	30	13	0
1981	31	13	-3
1982	32	13	0
1983	29	13	-1
1984	28	13	-1
1985	28	13	0
1986	29	13	-2
1987	28	13	-2
1988	28	13	-2
1989	28	13	0
1990	26	13	-3
1991	32	13	-2
1992	28	13	-1
1993	33	13	-1
1994	28	13	-1
1995	26	13	-4
1996	32	13	-6
1997	27	14	-1
1998	29	13	-1
1999	28	13	-2
2000	27	13	0
2001	28	13	-1
2002	30	12	-2
2003	30	13	-2
2004	31	13	0
2005	30	13	0
2006	27	13	-1
2007	30	12	-3
2008	29	13	-1
2009	29	13	-2
2010	27	12	-1
2011	28	13	-2
2012	30	13	-2
2013	27	13	-2
2014	29	13	1
2015	30	13	0
2016	32	15	3
2017	32	13	-1
UNIDAD:	°C		
DATOS: AEROPUESTO CARRIEL SUR INTL. LAT. -36,772652 LONG. -73,063110			
MAYOR:	33	15	3
MENOR:	25	12	-6
DIFERENCIA:	8	3	9
PROMEDIO TOTAL P	29,02	13	-1,27
PROMEDIO DEL AÑO	28,89	13,04	-1,52
PROMEDIO DEL AÑO	29,22	12,94	-0,89

**Fuente:** Elaboración Propia, Estación meteorológica: Aeropuerto Carriel Sur.

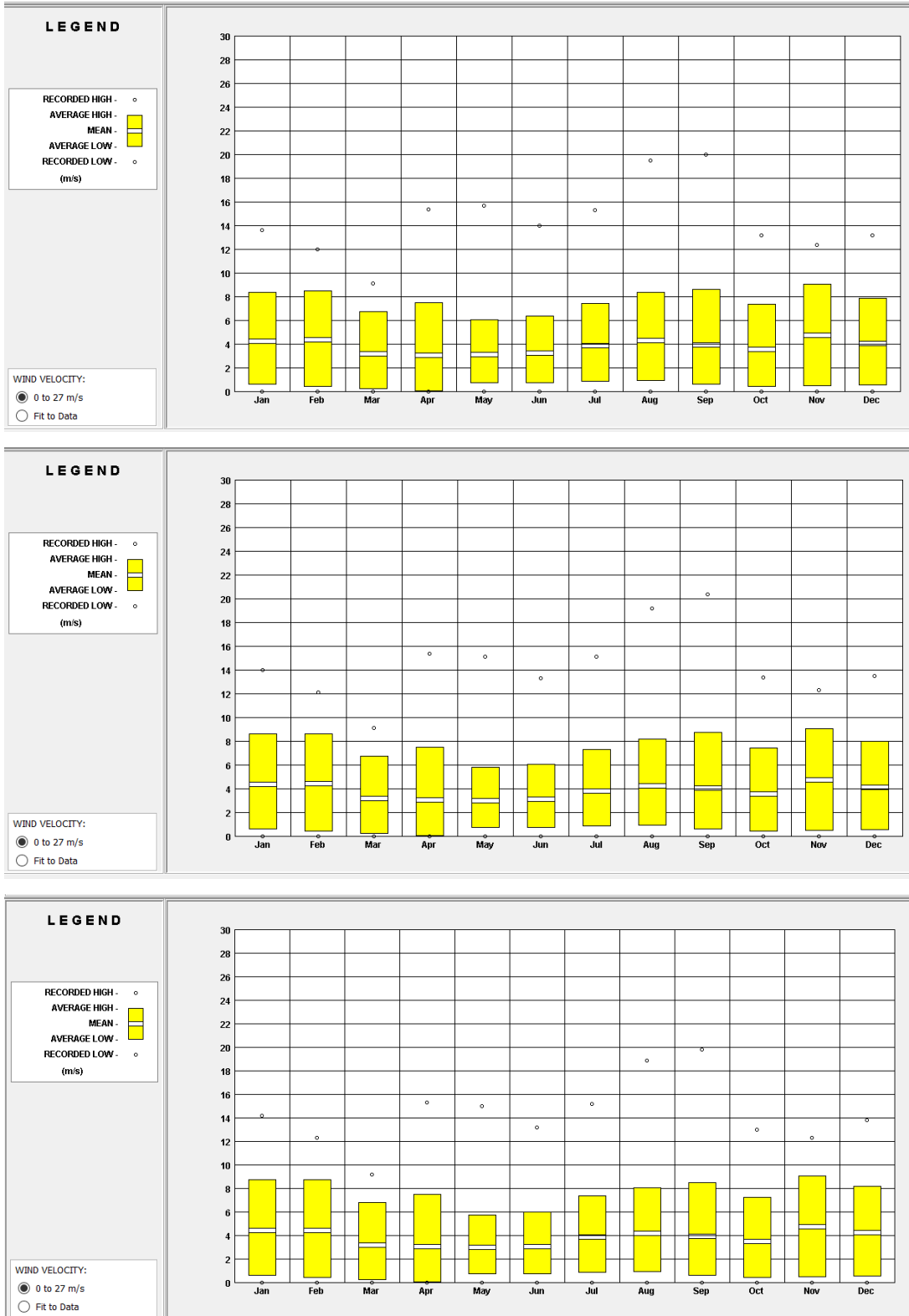
Escenarios climáticos para la ciudad de Concepción:

Grafica 37. Escenario de temperaturas para la ciudad de Concepción.



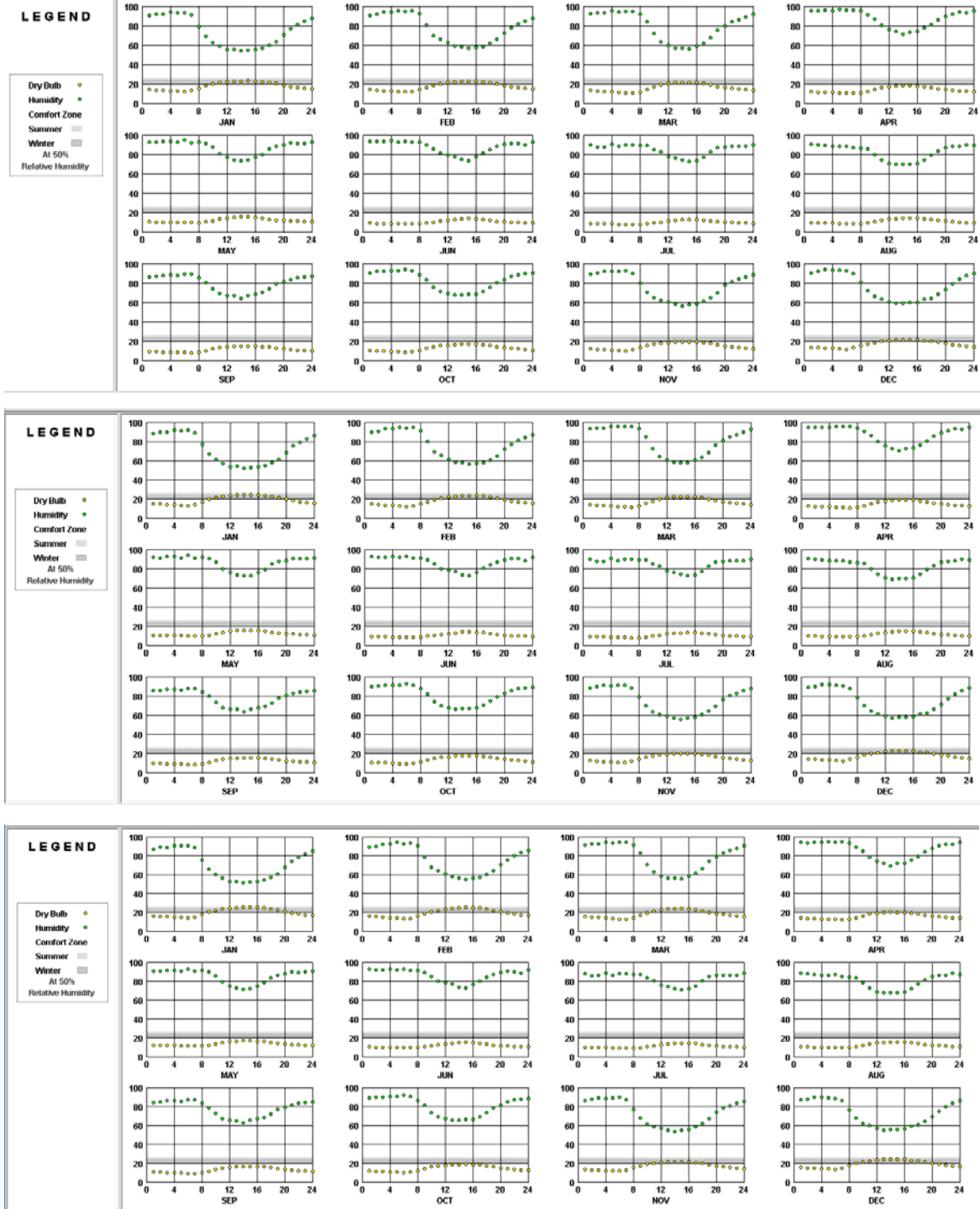
Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

**Grafica 38.** Escenarios futuros de velocidad del viento en la ciudad de Concepción



Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

Gráfica 39. Escenarios de humedad, ciudad de Concepción.



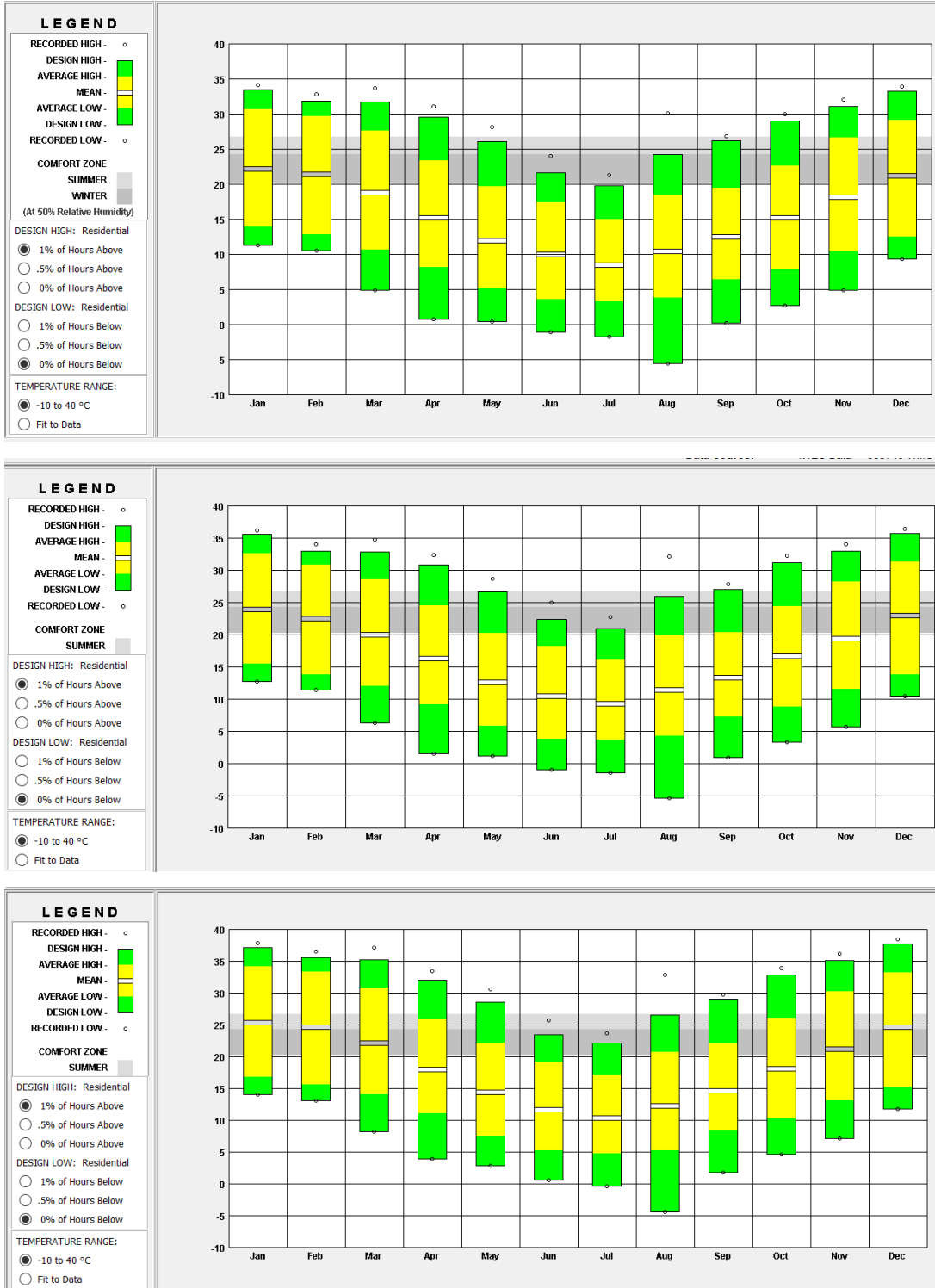
2020

2050

2080

Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

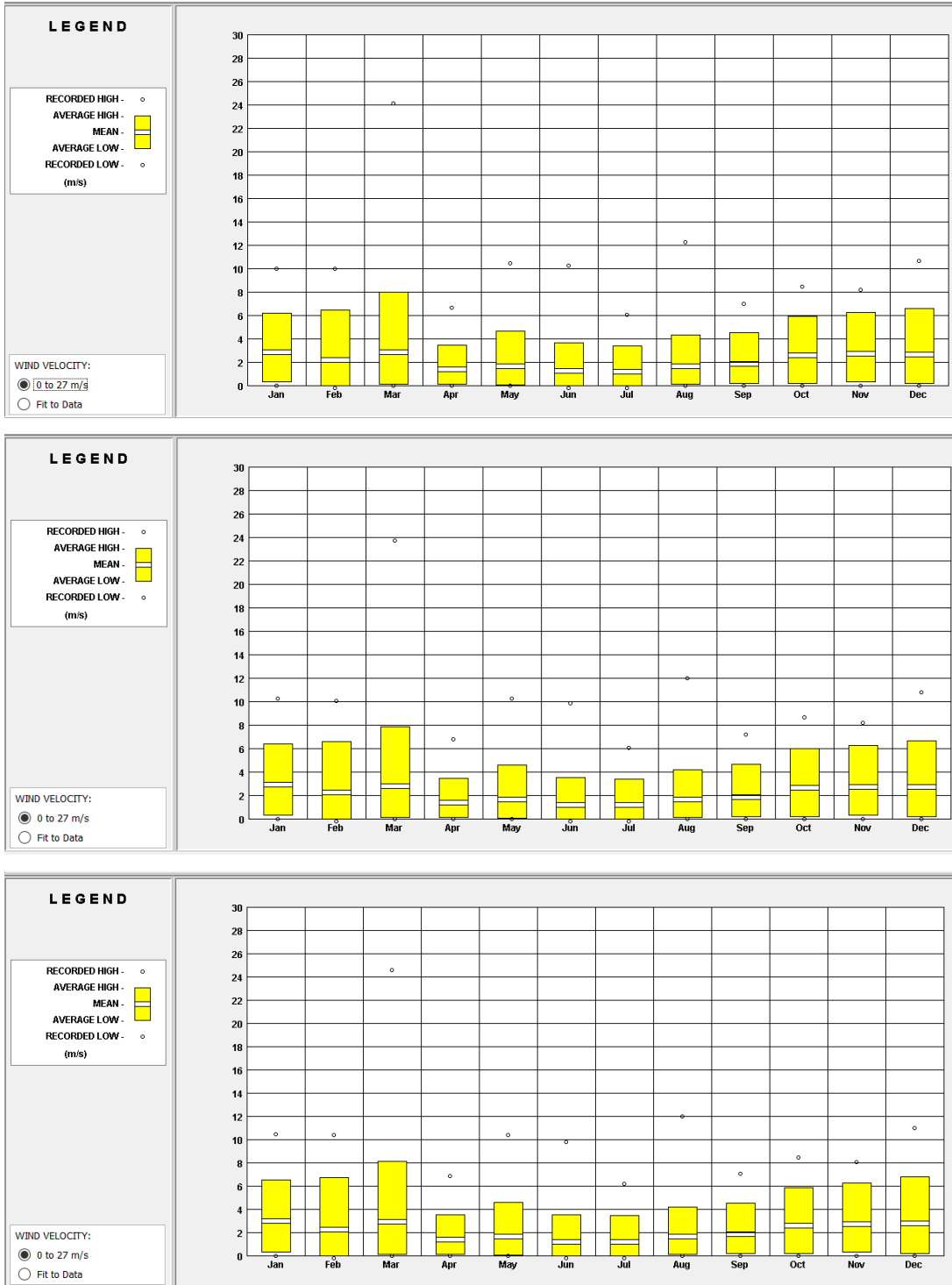
Grafica 40. escenarios de temperaturas, ciudad de Santiago



Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

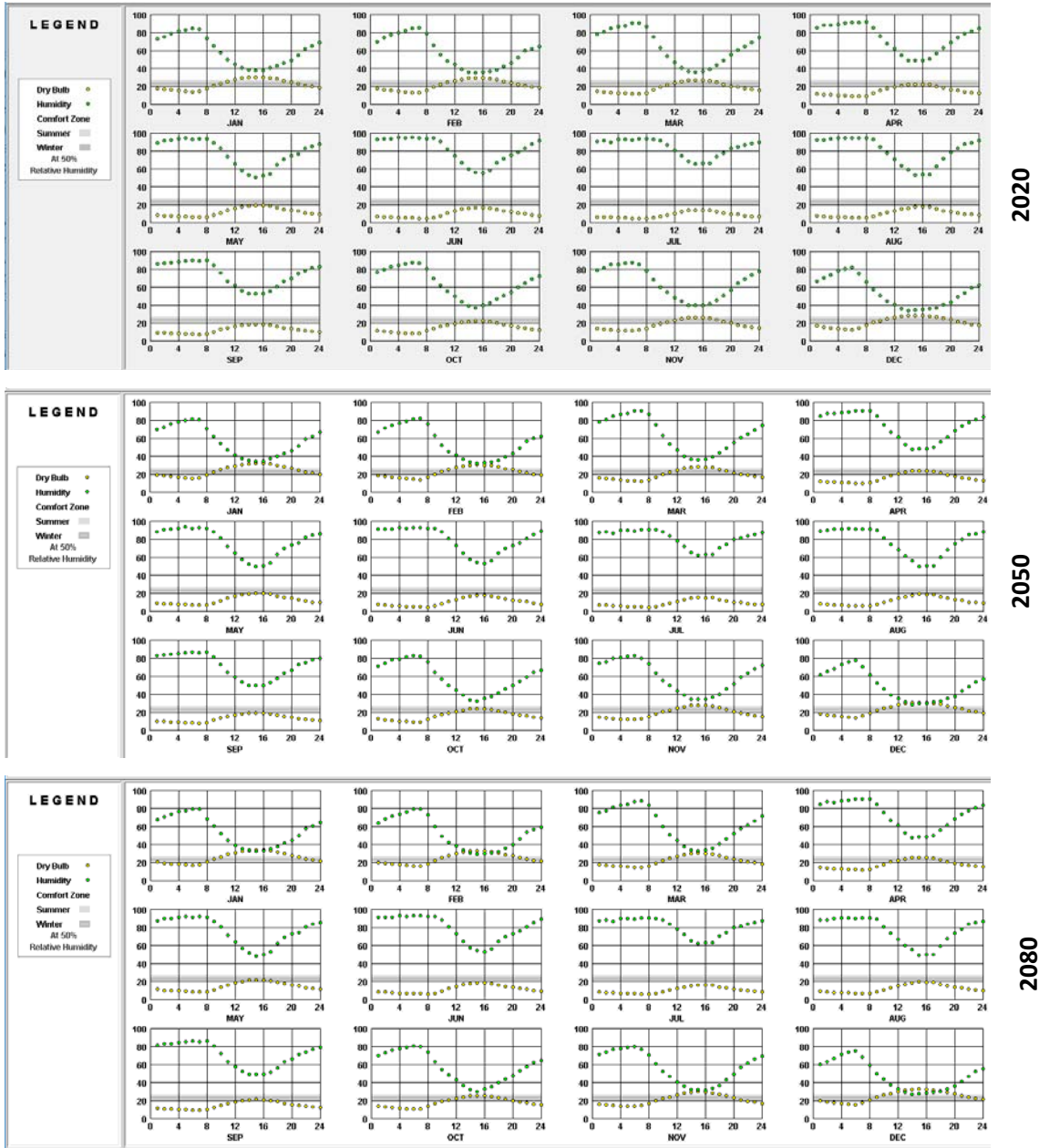


**Grafica 41.** Escenarios de velocidad de viento, de la ciudad de Santiago



Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

Gráfica 42. Escenarios de humedad relativa, en la ciudad de Santiago



Fuente: Elaboración propia, EPW - CCWorldWeatherGen y climate consultant 6.0

**Tabla 26:** Calculo de “U”, muro de albañilería, cumple zona 4.

Resistencia Térmica seccion ladrillo: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/λ[ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	0,01	1,400
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,005	0,043
4	Ladrillo hecho a mano	Ri3	-	0,14	0,500
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	0,01	1,400
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
<b>Rt 1</b>					<b>0,581</b>
Resistencia Térmica seccion mortero de pega: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/λ[ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	0,01	1,400
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,005	0,043
4	Mortero de cemento (mortero de pega).	Ri3	2000	0,14	1,400
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	0,01	1,400
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
<b>Rt 2</b>					<b>0,401</b>
RT =		RT1	RT2	=	0,536
		75,00%	25,00%		
		<b>0,435</b>	<b>0,100</b>		
<b>CALCULO U PONDERADO =</b>		<b>1,87</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 27:-** Calculo de “U” en muro albañilería, cumple zona 3.

Resistencia Térmica seccion ladrillo: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/λ[ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	0,01	1,400
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,008	0,043
4	Ladrillo hecho a mano	Ri3	-	0,14	0,500
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	0,01	1,400
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
<b>Rt 1</b>					<b>0,650</b>
Resistencia Térmica seccion mortero de pega: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/λ[ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	0,01	1,400
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,008	0,043
4	Mortero de cemento (mortero de pega).	Ri3	2000	0,14	1,400
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	0,01	1,400
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
<b>Rt 2</b>					<b>0,470</b>
RT =		RT1	RT2	=	0,605
		75,00%	25,00%		
		<b>0,488</b>	<b>0,118</b>		
<b>CALCULO U PONDERADO =</b>		<b>1,652</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 28:** Calculo de "U" en muro tabiquería, cumple zona 3 y 4.

Resistencia Térmica seccion madera: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,003	0,230
3	Madera - pino Insigne ( 2" x 3" )	Ri2	410	0,076	0,104
4	Yeso-carton	Ri3	870	0,008	0,310
5	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
				<b>RT1</b>	<b>0,940</b>
Resistencia Térmica seccion camara de aire: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,003	0,230
4	camara de aire no ventilada	Ri2=Rg		0,076	0,105
5	Yeso-carton	Ri3	870	0,008	0,310
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
				<b>RT2</b>	<b>0,933</b>
RT =		RT1	RT2		
		15%	85%	=	
		<b>0,141</b>	<b>0,793</b>	=	<b>0,934</b>
<b>CALCULO U ponderado=</b>		<b>1,071</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 29:** Calculo de "U" en Cielo, Zona 3.

Resistencia Térmica camara de aire: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior (entretecho)	Rse			0,10
5	Poliestireno expandido	Ri1	10	0,07	0,043
6	camara de aire no ventilada	Ri2=Rg		0,051	0,105
7	Yeso-carton	Ri3	700	0,008	0,260
8	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,10
				<b>RT1</b>	<b>2,344</b>
Resistencia Térmica pino: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior (entretecho)	Rse			0,10
5	Poliestireno expandido	Ri1	10	0,07	0,043
6	Madera - pino Insigne ( 2" x 2 " )	Ri2	410	0,051	0,104
7	Yeso-carton	Ri3	700	0,008	0,260
8	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,10
				<b>RT2</b>	<b>2,349</b>
RT =		RT1	RT2		
		85%	15%	=	
		<b>1,993</b>	<b>0,352</b>	=	<b>2,345</b>
<b>CALCULO U ponderado =</b>		<b>0,43</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 30:** Calculo de “U” en Cielo, Zona 3 y 4.

Resistencia Térmica camara de aire: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R $e/\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior (entretecho)	Rse			0,10
5	Poliestireno expandido	Ri1	10	0,043	2,326
6	camara de aire no ventilada	Ri2=Rg	0,05	0,100	0,500
7	Yeso-carton	Ri3	700	0,260	0,038
8	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,10
				<b>RT1</b>	<b>3,064</b>
Resistencia Térmica pino: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R $e/\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior (entretecho)	Rse			0,10
5	Poliestireno expandido	Ri1	10	0,043	2,326
6	Madera - pino Insigne ( 2" x 2 " )	Ri2	410	0,104	0,481
7	Yeso-carton	Ri3	700	0,260	0,038
8	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,10
				<b>RT2</b>	<b>3,045</b>
RT =		RT1	RT2	=	3,061
		85,00%	15,00%		
		<b>2,604</b>	<b>0,457</b>		
<b>CALCULO U ponderado =</b>		<b>0,33</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 31:** Calculo de “U” en muro de albañilería, Zona 3 y 4

Resistencia Térmica seccion ladrillo: seccion 1		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R $e/\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	1,400	0,007
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,043	2,326
4	Ladrillo hecho a mano	Ri3	-	0,500	0,280
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	1,400	0,007
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
				<b>Rt 1</b>	<b>2,790</b>
Resistencia Térmica seccion mortero de pega: seccion 2		DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R $e/\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse			0,05
2	Mortero de cemento (estuco)	Ri1	2000	1,400	0,007
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,043	2,326
4	Mortero de cemento (mortero de pega).	Ri3	2000	1,400	0,100
5	Mortero de cemento (estuco)	Ri4	2000	1,400	0,007
6	Capa superficial de aire interior	Rsi			0,12
				<b>Rt 2</b>	<b>2,610</b>
RT =		RT1	RT2	=	2,745
		75,00%	25,00%		
		<b>2,092</b>	<b>0,652</b>		
<b>CALCULO U PONDERADO =</b>		<b>0,364</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 32:** Calculo de “U” en muro tabiquería, Zona 3 y 4:

Resistencia Térmica sección madera: sección 1			DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse				0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,005	0,230	0,022
3	Madera - pino Insigne ( 2" x 3" )	Ri2	410	0,08	0,104	0,721
4	Yeso-carton	Ri3	870	0,01	0,310	0,032
5	Capa superficial de aire interior	Rsi				0,12
					<b>RT1</b>	<b>0,945</b>
Resistencia Térmica sección cámara de aire: sección 2			DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse				0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,005	0,230	0,022
4	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,08	0,043	1,744
5	Yeso-carton	Ri3	870	0,01	0,310	0,032
6	Capa superficial de aire interior	Rsi				0,12
					<b>RT2</b>	<b>1,968</b>
RT =			RT1	RT2	=	1,815
			15%	85%		
			0,142	1,673		
<b>CALCULO U ponderado=</b>			<b>0,55</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

**Tabla 33:** Calculo de “U” en muro de tabiquería, Zona 4.

Resistencia Térmica sección madera: sección 1			DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse				0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,005	0,230	0,022
3	Madera - pino Insigne ( 2" x 3" )	Ri2	410	0,076	0,104	0,731
4	VOLCAPOL	Ri3	880	0,05	0,281	0,178
5	Yeso-carton	Ri4	870	0,01	0,310	0,032
6	Capa superficial de aire interior	Rsi				0,12
					<b>RT1</b>	<b>1,133</b>
Resistencia Térmica sección cámara de aire: sección 2			DENSIDAD [Kg / m3.]	ESPESOR e [mts.]	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda$ [W/mK]	RESISTENCIA TÉRMICA R e/ $\lambda$ [ m <sup>2</sup> K/W ]
1	Capa superficial de aire exterior	Rse				0,05
2	Fibro-cemento	Ri1	1000	0,005	0,230	0,022
3	Poliestireno expandido	Ri2	10	0,076	0,043	1,767
4	VOLCAPOL	Ri3	880	0,05	0,281	0,178
5	Yeso-carton	Ri4	870	0,01	0,310	0,032
6	Capa superficial de aire interior	Rsi				0,12
					<b>RT2</b>	<b>2,169</b>
RT =			RT1	RT2	=	2,014
			15%	85%		
			0,170	1,844		
<b>CALCULO U ponderado=</b>			<b>0,497</b>	<b>W/M2K</b>		

Fuente: Elaboración Propia, INN, 2007.

Figura 27. Ficha térmica de muro de ladrillo artesanal con estuco térmico.

Código <b>1.2.G.B.A1.5</b>		Ladrillo artesanal de 285 x 143 x 58 [mm], cantería 20 mm, estuco térmico ambas caras.						
A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva								
RESISTENCIA TÉRMICA (Rt):		0.59 (m² *K/ W)			TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)		1.68 (W/m² *K)	
B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:								
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	
Rt (m² *K/W)	---	---	---	---	---	---	---	
U (W/m² *K)	---	---	---	---	---	---	---	
Espesor Aislante (mm)	---	---	---	---	---	---	---	
Descripción de la Solución Constructiva				Genérico	X	Marca Comercial	----	
Muro de albañilería construido a base de ladrillos artesanales de 285 x 143 x 58 [mm] de espesor, unidos con un mortero arena-cemento que cumple con la norma NCh 2256/1. El espesor promedio de la cantería vertical y horizontal es de 20 mm. Por ambas caras va un estuco térmico de 26 mm de espesor (densidad 969 Kg/m³).								
Nota: Los hormigones livianos que se utilicen para estucar muros deben protegerse de la lluvia con un recubrimiento impermeabilizante								
Forma de cumplir con las exigencias			Densidad material aislante	institución		Vigencia		
Certificado de ensaye	---	Cálculo (NCh 853)	X	---	MINVU - IDIEM		NCh 853	
Corte:				Planta				

Fuente: Minvu, 2014.

Figura 28. Conductividad térmica de materiales, Nch 853.

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m x K)
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Láminas bituminosas	1 100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,060
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Linóleo	1 200	0,19
Maderas		
- álamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- raulí	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1 030	0,28
Mármol	2 500 - 2 850	2,0 - 3,5

Fuente: Nch 853, año 2007.



Figura 29. Conductividad térmica de materiales, Nch 853.

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m x K)
Moquetas, alfombras	1 000	0,05
Morteros de cal y bastardos	1 600	0,87
Mortero de cemento	2 000	1,40
Papel	1 000	0,13
Perlita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
Plomo	11 300	35
Poliestireno expandido	10	0,0430
Poliuretano expandido	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	70	0,0274
	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1 000	0,27
	1 200	0,34
	1 400	0,40
Rocas compactadas	2 500 - 3 000	3,50
Rocas porosas	1 700 - 2 500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,070
Vidrio plano	2 500	1,2
Yeso-cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

Fuente: NCh 853, año 2007.