



Impacto del desempeño energético de la vivienda unifamiliar actual bajo escenarios futuros del cambio climático.

Impact in annual energy demand in single-family houses under future scenarios of climate change.

Natalia González Olave

Filiación: Universidad del Bío-Bío
Dirección: Collao #1202, Concepción CP 4051381
Correo: natalia.gonzalez1602@alumnos.ubiobio.cl

Paulina Wegertseder Martínez

Filiación: Universidad del Bío-Bío
Dirección: Collao #1202, Concepción CP 4051381
Correo: pwegertseder@ubiobio.cl

Manuscript Code: 009

Date of Acceptance/Reception: 06.07.2018/31.05.2018

Resumen

El cambio climático, sus efectos y cómo podemos evitarlo se encuentra hoy en diversas plataformas de información. El gobierno publica una variedad de estrategias de mitigación climática, pero son sólo estándares y no consideran la demanda de refrigeración en las viviendas, a pesar del aumento de las temperaturas. El objetivo de este estudio es evaluar el aumento en el consumo de energía en dos tipos diferentes de viviendas en los futuros escenarios del cambio climático. Este estudio se usó la herramienta CCWorldWeatherGen generar futuros datos climáticos como, 2020, 2050 y 2080 en Temuco, Chile. Se hicieron predicciones para el escenario de emisión de gases de efecto invernadero más extenso, A2 según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). El nivel de confort se analizó utilizando un enfoque adaptativo incluido en los estándares ASHRAE. Los resultados muestran que la demanda de refrigeración aumentará considerablemente a finales de siglo, la calefacción disminuirá y el aumento de la temperatura produce mayores niveles de confort. Con estos resultados, se proponen estrategias para los diferentes casos y escenarios.

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

Abstract

Climate change, its effects and how we can avoid it is today found in various information platforms. The government publishes a variety of climate mitigation strategies, but they are only standards and do not consider the demand for refrigeration in the houses, despite the increase in temperatures. The objective of this study is to evaluate the effect on the increase of the energy consumed in two different types of houses under the future scenarios of climate change. This study used the CCWorldWeatherGen to generate weather data for future typical meteorological years, such as 2020, 2050, and 2080, for Temuco, Chile. Predictions were made for the carbon emission scenario, A2 according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The comfort level was analyzed using an adaptive approach included in the ASHRAE standards. The results show that the cooling demand will increase considerably at the end of the century and the heating will decrease, the increase in temperature produces higher comfort levels. With these results, adaptation strategies are proposed for the different cases and scenarios.

Keywords: Climate change; Cooling demand; Energy demand; Single-family houses; Comfort.

Introducción

Cualquier medida para disminuir el gasto energético, desalentar el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI), siendo la construcción su principal fuente emisora, genera un beneficio para el medioambiente. En Chile el sector residencial consume más del 70% de la energía en comparación a los sectores de comercio y edificios públicos. Como País se establecieron diversos planes de mitigación al cambio climático, liderados por el Ministerio del Medioambiente y Energía y Ministerio de Vivienda y Urbanismo, tales como; Plan de descontaminación atmosférica (PDA), Código de construcción sustentable para viviendas (CCSV), Normas técnicas MINVU 011 (NTM 011), entre otros. Se estableció el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Hay varios estudios que muestran el aumento de la temperatura global (Jentsch, Bahaj y James, 2008; Ren, Chen y Wang, 2011). Aunque varían de una zona climática a otra, esto seguramente causará una mayor demanda de energía en la construcción (Karimpour, Belusko, Xing, Boland y Bruno, 2015) (Shourav et al., 2017). Las predicciones que ha publicado el IPCC ha indicado que el aumento de la temperatura global en distintos escenarios sería desde 1.1 – 2.9°C a 2.4 – 6.4°C a finales del siglo XXI (Jentsch et al., 2008) La mitigación de los gases de efecto invernadero y la adaptación al cambio climático deberían agregarse a nuestros códigos y normas de construcción (Kwok y Rajkovich, 2010). Las casas consumen aproximadamente un tercio de la energía, en países con un clima templado, más de la mitad de esta energía se usa generalmente para calefacción (Isaac y Van Vuuren, 2008). Edificaciones ubicadas en regiones con un incremento estimado en su temperatura requerirán una mayor demanda en la refrigeración y menor demanda de calefacción. Además, la incertidumbre en la

predicción del clima afectará en la efectividad y sustentabilidad de la construcción, la calidad de aire interior y en su confort térmico (Yau & Hasbi, 2017). La demanda de energía en las viviendas se ve influenciada por varios factores tales como, climático (Zhu et al., 2013); radiación solar, velocidad del viento, humedad ambiental, entre otros. También las características del edificio (Shourav et al., 2017) tales como, la envolvente, forma, materialidad, cargas internas, aire acondicionado y equipo de ventilación.

La finalidad del estudio es evidenciar la influencia de los futuros climas en el desempeño de una vivienda tipo en la ciudad, como afecta en las demandas energéticas y en el confort interior. Se utilizará un modelo escenario-base para estimar la demanda de energía de las casas unifamiliares nuevas.

Estado del arte del problema

A pesar de la evidencia del cambio climático, el tema no se encuentra bajo ninguna normativa chilena. En Chile, solo existen estándares que ayudan a mitigar las consecuencias, como el Código de Construcción Sustentable para la Vivienda (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2014) que establece límites para las demandas de energía para los años 2020, 2030, 2040 y 2050 (Tabla 1). Aunque se muestran valores para la demanda de refrigeración, estos indican que el valor máximo es 0 kWh / m² en la zona F donde se encuentra la ciudad estudiada.

Tabla 1: Demanda de enfriamiento, Fuente: CCSV, MINVU 2015

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

Metodología

Este estudio se desarrolló a través de programas de simulación en diferentes etapas, generación del clima future de la ciudad a estudiar, evaluación de las demandas de las viviendas en el escenario actual y a futuro y establecer las estrategias de mejoramiento a emplear (Figura 1).

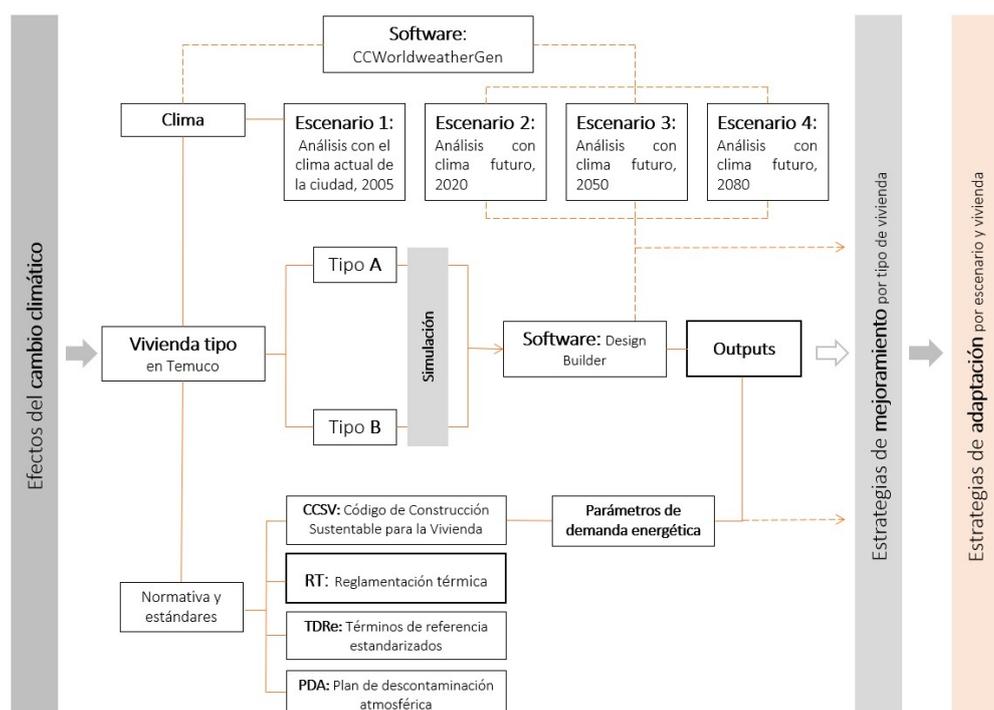


Figura 1: Metodología. Elaboración por el autor, 2018.

Casos de estudio

Las casas a estudiar fueron los casos más representativos en viviendas unifamiliar que se estaban construyendo en la ciudad de Temuco. Se eligieron dos tipos de viviendas, ambas con similares características de acuerdo a su material, superficies y sistema de agrupamiento.

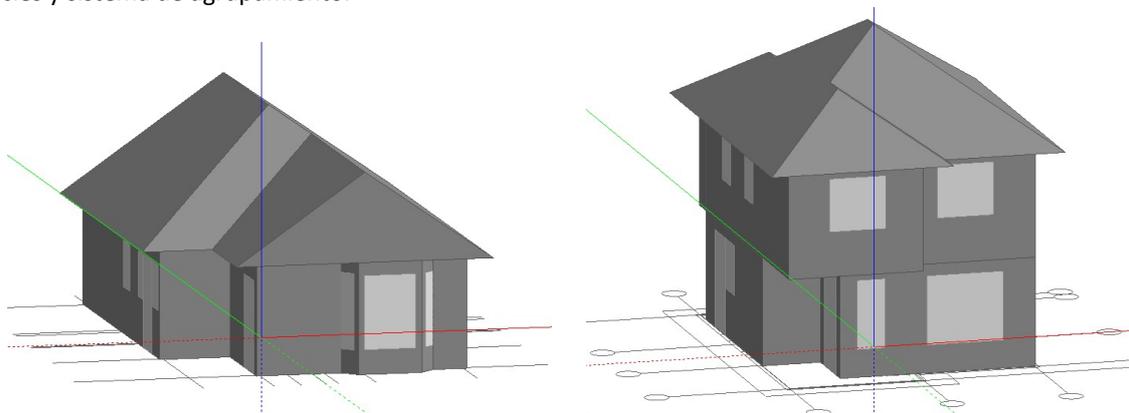


Figura 2: Casos de estudio: viviendas unifamiliares. Elaboración propia (Design Builder), 2018.

La vivienda tipo A, corresponde a la casa de un piso, con muros de albañilería, ventanas simples con marco de aluminio y con una superficie de 57 m². La Vivienda tipo B, a diferencia de la anterior, posee dos niveles, la materialidad de la casa es de ladrillo en el primer piso y en el segundo nivel la estructura es de Metalcon revestido con tinglado de fibrocemento y ventanas simples con marcos de aluminio.

Escenario climático

Los casos de estudio se encuentran en Temuco capital de la IX región, se encuentra en la longitud 072 ° 35'54.31 " y la latitud S38 ° 44'22.74 ". El clima de la ciudad está categorizado bajo la clasificación climática de Koppen como Cfb, clima templado oceánico, sin estación seca. El promedio de las temperaturas anual de la ciudad actualmente oscila, de 3°C hasta 26°C. La temperatura media es de 11°C y la temperatura peak alcanzada es de 33°C, en el mes de febrero.

Los datos climáticos futuros se construyeron utilizando la herramienta CCWorldWeatherGen del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), en los años 2020, 2050 y 2080, bajo el escenario A2 emisiones moderadas de GEI. Para el futuro, las proyecciones climáticas pronosticadas para la ciudad indican un aumento en el número de días calurosos y una reducción en el número de días fríos (Gráfico 1).

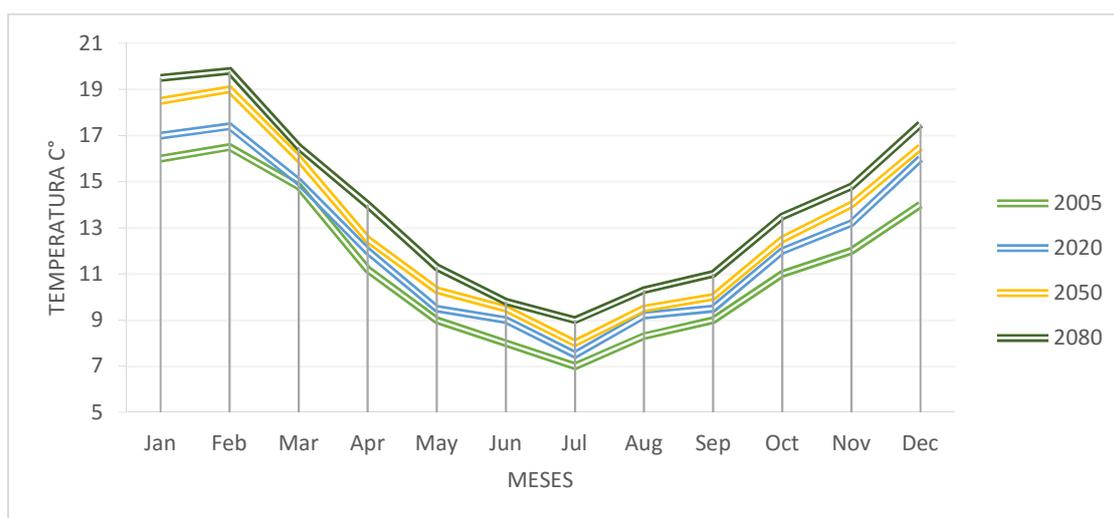


Gráfico 1: Comparación entre los escenarios. Elaborado por el autor.

Modelo de simulación

Ambas viviendas se simularon en el escenario actual, con datos climáticos históricos de la ciudad para obtener las demandas energéticas, en el software Design Builder generando los casos bases para compararlos con los escenarios futuros. Para determinar el impacto del cambio climático, el software analizó la demanda de energía en cada escenario y el confort al interior de ambas casas. Los parámetros para la simulación se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros para simulación. Elaborado por el autor, 2018.

Condiciones de borde viviendas 57 y 64 m ²			
Actividad	Uso vivienda	Horario semana	20:00 - 8:00 13:30 - 14:30
		Horario fin de semana	Todo el día
Iluminación	Uso vivienda	Horario semana	6:00 - 8:00 19:00 - 00:00
		Horario fin de semana	18:00 - 01:00
Densidad de ocupación	0,07		
Calendario ocupación	1/2 día		
Calefacción Setpoint T°	Heating	18,0 °C	
	Heating set back	12	
	Cooling	25	
	Cooling set back	28	
Confort	Adaptativo		
Infiltración	1 (ac/h)	On 24/7	

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

Resultados

Escenarios climáticos simulados

Como se muestra en la Tabla 3, ambos modelos no cumplen con la demanda de refrigeración en los años 2020 y 2050. En el caso de la casa tipo B en 2050, la demanda de calefacción no cumplirá con las normas CCSV.

Tabla 3: Comparación del caso base con la normativa CCSV. Elaborado por el autor.

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

En Tabla 4, el porcentaje de confort va en aumento a través de los escenarios demostrando el alza de temperaturas mínimas y máximas al interior de la vivienda. La temperatura mínima entre el escenario actual proyectado al 2080 aumenta en 1°C y la temperatura máxima a 2°C.

Tabla 4: Comparación confort y variación en las temperaturas. Elaborado por el autor.

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

Estrategias de mejoramiento

En los resultados indican un alza en la demanda de refrigeración para disminuir esta demanda se proponen diferentes estrategias de mejoramiento pasivas (Bustamante, 2007; D'alencón, 2008): cambio del tipo de vidrio, de vidrio simple a doble (M1), añadir mayor aislación en muros exteriores (M2), implementar dos rejillas de ventilación en la techumbre (M3) y la combinación de estas mejoras (Gráficos 2 – 7).

Gráfico 2: M1, Doble vidrio hermético. Elaborado por el autor.

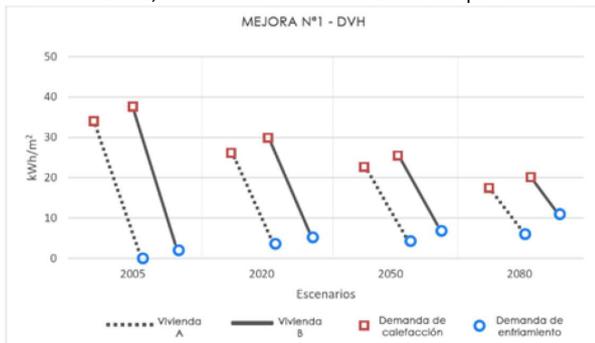


Gráfico 3: M2, Aislación en muros 100mm. Elaborado por el autor.

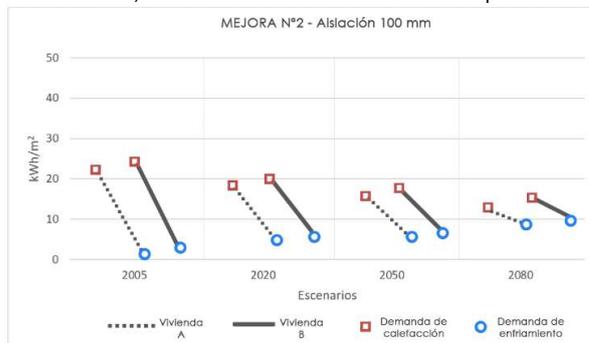


Gráfico 4: M3, techumbre ventilada. Elaborado por el autor.

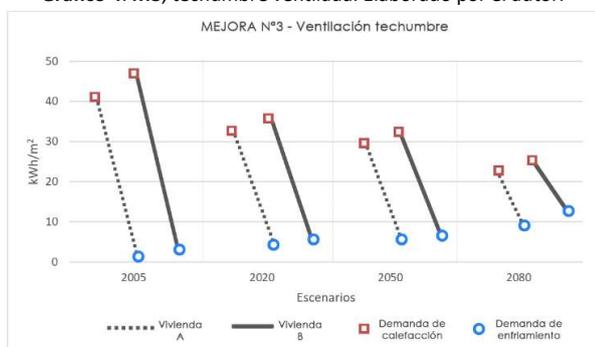


Gráfico 5: Doble vidrio hermético + Aislación.

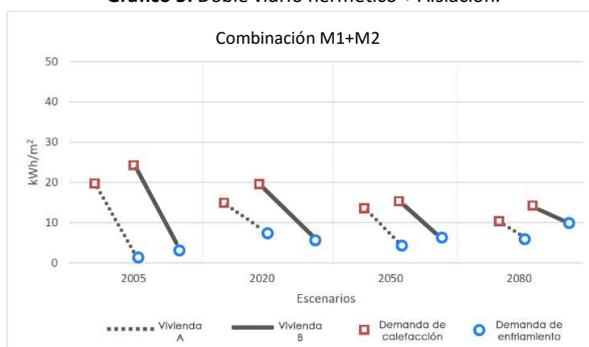


Gráfico 2: Doble vidrio hermético + Techumbre ventilada.

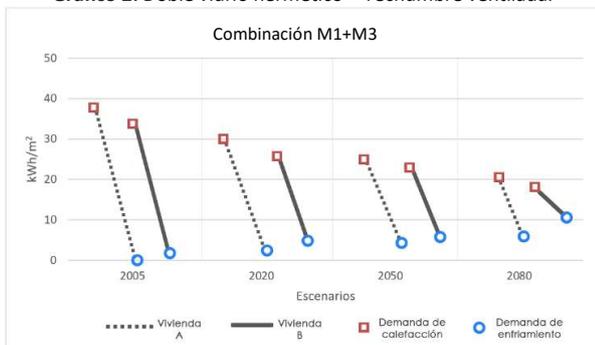
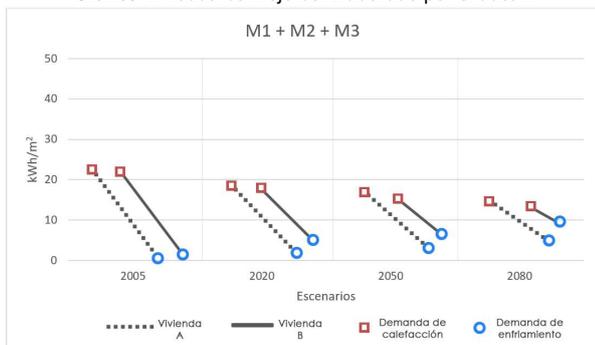


Gráfico 3: Aislación muros + techumbre ventilada.



Gráfico 4: Todas las mejoras. Elaborado por el autor.



situación contraria ocurrió con la demanda de calefacción que fue en disminución. Comparando ambas viviendas, la del tipo B tiene un mejor comportamiento en las demandas energéticas frente a la vivienda A.

En general, la mejora que tiene mejor rendimiento en ambas viviendas es la combinación M1+M2+M3 (Tabla 4 y 5)

En todos los casos la demanda de refrigeración sufrió un aumento en especial en los últimos escenarios, una

Tabla 4: Mejora M1+M2+M3 comparada con la normativa CCSV. Elaborado por el autor.

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

Tabla 5: Mejora M1+M2+M3, variación de temperaturas en viviendas. Elaborado por el autor.

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

Como resultado del análisis de las estrategias de mejora y las combinaciones a través de los diferentes escenarios para los tipos A y B, se proponen estrategias adaptativas independientes para cada vivienda.

Estrategias de adaptación

Las estrategias de adaptación se consideran mejoras en las que las viviendas tuvieron un mejor rendimiento individualmente, manteniendo un equilibrio en las demandas de calefacción, refrigeración y considerando el confort interior en las viviendas.

En el caso de la vivienda tipo A, la mejora a implementar en el escenario actual es el cambio de las ventanas simples por vidrio doble hermético, en el escenario 2020 implementar la aislación en los muros (M2). Con esas dos mejoras la vivienda lograría su mejor desempeño incluso en el año 2080 (Tabla 6)

Tabla 6: Estrategias de adaptación para la Vivienda tipo A. Preparado por el autor.

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

Tabla 7: Confort térmico caso base (izquierda) y mejoras (derecha) Tipo A. Preparado por el autor.

TIPO A	BASE				TIPO A	BASE	M1	M1 + M2		
	2005	2020	2050	2080		2005	2005	2020	2050	2080
ENERO	100%	100%	99%	96%	ENERO	100%	100%	100%	100%	99%
FEBRERO	96%	99%	98%	93%	FEBRERO	96%	96%	100%	99%	98%
MARZO	89%	97%	99%	99%	MARZO	89%	92%	100%	100%	100%
ABRIL	22%	43%	53%	71%	ABRIL	22%	25%	86%	90%	96%
MAYO	4%	7%	10%	14%	MAYO	4%	3%	27%	36%	58%
JUNIO	0%	0%	1%	4%	JUNIO	0%	0%	19%	25%	34%
JULIO	0%	0%	0%	1%	JULIO	0%	0%	6%	9%	16%
AGOSTO	1%	3%	4%	8%	AGOSTO	1%	1%	28%	35%	49%
SEPTIEMBRE	2%	13%	18%	26%	SEPTIEMBRE	2%	2%	55%	62%	80%
OCTUBRE	33%	54%	65%	80%	OCTUBRE	33%	35%	92%	93%	96%
NOVIEMBRE	59%	83%	89%	97%	NOVIEMBRE	59%	61%	99%	99%	100%
DICIEMBRE	92%	100%	100%	99%	DICIEMBRE	92%	93%	100%	100%	100%

La tabla 7 muestra una comparación del confort en los escenarios del caso base de la vivienda A, donde existe un incremento del confort en el mes más frío (julio) en un 1% considerando que no hay mejoras implementadas, demostrando el aumento de la temperatura exterior. Y la tabla de la derecha, muestra el confort en las estrategias de adaptación, comparándolas con el caso base existe un incremento en todos los meses. En especial en la época de invierno, donde en confort empieza en un 0% hasta llegar en un 16% con las mejoras planteadas y en verano se logra aumentar el confort de un 96% a 99%.

En la vivienda tipo B, la mejora a implementar en el escenario actual es el cambio de las ventanas simples por vidrio doble hermético, en el escenario 2020 implementar la aislación en los muros (M2) y en el escenario 2050 incorporar rejillas de ventilación a la techumbre.

Table 8: Estrategias de adaptación para la Vivienda tipo B. Preparado por el autor.

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

Tabla 9: Confort térmico caso base (izquierda) y mejoras (derecha) Tipo B. Preparado por el autor.

TIPO B	BASE				TIPO B	BASE	M1	M1 + M2	M1 + M2 + M3	
	2005	2020	2050	2080		2005	2005	2020	2050	2080
ENERO	99%	97%	94%	91%	ENERO	99%	100%	98%	99%	96%
FEBRERO	96%	92%	89%	84%	FEBRERO	96%	98%	90%	96%	91%
MARZO	92%	96%	97%	95%	MARZO	92%	95%	99%	100%	97%
ABRIL	34%	55%	63%	80%	ABRIL	34%	40%	92%	96%	99%
MAYO	7%	11%	13%	19%	MAYO	7%	8%	44%	63%	76%
JUNIO	1%	3%	7%	14%	JUNIO	1%	1%	30%	38%	44%
JULIO	2%	3%	5%	7%	JULIO	2%	0%	16%	24%	33%
AGOSTO	5%	9%	11%	21%	AGOSTO	5%	5%	50%	63%	75%
SEPTIEMBRE	9%	20%	24%	34%	SEPTIEMBRE	9%	9%	74%	91%	99%
OCTUBRE	37%	58%	67%	81%	OCTUBRE	37%	43%	94%	97%	98%
NOVIEMBRE	61%	82%	87%	95%	NOVIEMBRE	61%	69%	100%	100%	100%
DICIEMBRE	92%	98%	97%	93%	DICIEMBRE	92%	95%	99%	99%	96%

La tabla 9, muestra el cambio del confort al interior de la vivienda tipo B en los escenarios. A diferencia del caso anterior, esta vivienda tiene mayores diferencias en sus resultados, teniendo en verano un descenso del confort de un 99% a 91% y en invierno un aumento de este de un 2% a 7% en el 2080. Con la implementación de las estrategias de mejoramiento en la vivienda tipo B, hay un aumento en el confort interior, especialmente en época de invierno, como se muestra en la tabla 9 (derecha).

Discusión y Conclusiones

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

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

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

Analizando los casos base se demuestra en las viviendas actuales que, la demanda de refrigeración aumentaría en un 180% el año 2020 y en más de un 290% al 2050. Se deja en manifiesto la repercusión del alza en temperaturas exteriores. En términos de demanda de calefacción, (al igual que el confort) el cambio climático sería un factor positivo, ya que éste va en disminución con el transcurso de los años. En general, se puede concluir que, no todas las estrategias de mejora que se implementan son efectivas para todo tipo de vivienda; éstas no tienen que aislarse del contexto climático, deben adaptarse a él.

Agradecimientos

El autor agradece al IPCC por la facilidad de la herramienta de generación de climas y a quienes fueron parte de la investigación y ayudaron en su buen desarrollo.

Referencias

- IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Isaac, M., & Van Vuuren, D. P. (2008). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.051>
- Jentsch, M. F., Bahaj, A. S., & James, P. A. B. (2008). Climate change future proofing of buildings-Generation and assessment of building simulation weather files. *Energy and Buildings*, 40(12), 2148–2168. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.06.005>
- Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., Boland, J., & Bruno, F. (2015). Impact of climate change on the design of energy efficient residential building envelopes. *Energy & Buildings*, 87, 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.064>
- Kwok, A. G., & Rajkovich, N. B. (2010). Addressing climate change in comfort standards. *Building and Environment*, 45, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.005>
- Ministerio de vivienda y urbanismo, C. (2014). *Código de Construcción Sustentable para Viviendas*, Chile, 80. Retrieved from <http://www.sistema-construccion-sustentable.cl/Código-de-Construcción-Sustentable-Primera-Versión-español.pdf>
- Ren, Z., Chen, Z., & Wang, X. (2011). Climate change adaptation pathways for Australian residential buildings. *Building and Environment*, 46, 2398–2412. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.022>
- Shourav, M. S. A., Shahid, S., Singh, B., Mohsenipour, M., Chung, E.-S., & Wang, X.-J. (2017). Potential Impact of Climate Change on Residential Energy Consumption in Dhaka City. *Environmental Modeling and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10666-017-9571-5>
- Yau, Y. H., & Hasbi, S. (2017). A Comprehensive Case Study of Climate Change Impacts on the Cooling Load in an Air-Conditioned Office Building in Malaysia. *Energy Procedia*, 143, 295–300. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.687>