

09 DE SEPTIEMBRE 2021

Informe Final: Mapas de calor en la Región de Aysén.



Equipo Ejecutor	Fundación Energía para Todos
Jefe de Proyecto	Javier Piedra Fierro
Equipo Proyecto	Pablo Perez Parra
	Bastían Espinoza Pantoja
	Carlos Hernandez Torres
Contraparte Técnica	
SEREMI MMA Aysén	Jimena Silva Huerta
	Nicolás Smith de la Carrera
SEREMI Energía Aysén	Nicolas Carbone Gamarra

Resumen Ejecutivo

El proyecto “Mapas de Calor en la Región de Aysén” nace como una iniciativa colaborativa entre la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) del Medio Ambiente de la Región de Aysén, la Universidad de Concepción y la Fundación Energía para Todos, la cual tiene como objetivo la realización de mapas de calor en las localidades de Chile Chico, Puerto Chacabuco, Puerto Aysén y Puerto Cisnes.

Para llevar a cabo el objetivo, se debió estimar la demanda de energía térmica de las distintas viviendas y edificaciones de las localidades. Para ellos se seleccionaron viviendas representativas, las cuales, mediante la colaboración de distintos organismos públicos, se pudo tener acceso a su planimetría. Para el caso de los edificios, que por cierto tienen un consumo energético mayor, fueron seleccionados 11 edificios, los cuales, a través de la planimetría y especificaciones técnicas, fueron simulados dinámicamente, calculando de esa manera su demanda térmica. Además, se simuló el consumo energético de las viviendas y edificios, para el caso de que estos fueran aislados térmicamente bajo los criterios que exige el PDA de Coyhaique. Luego, la información fue georreferenciada y graficada mediante mapas de calor de demandas térmicas en viviendas y edificaciones, generando una representación gráfica del consumo energético por localidad, en su línea base, como de su potencial de eficiencia energética.

Con los resultados obtenidos, destaca el alto potencial de EE que poseen las viviendas y edificios públicos en la región de Aysén. Para el caso de las viviendas, el potencial de EE en las viviendas construidas previo al año 2007, varía entre un 40,9% y 86,1%, destacando que 11 de las 15 viviendas estudiadas, poseen un potencial de eficiencia energética sobre un 70%. Para el caso de los edificios, destaca un potencial de EE, agregado, de un 50%, cuyos valores fluctúan entre un 37% y un 65%.

De las representaciones geográficas realizadas en los mapas de calor, se puede observar que la demanda total disminuye considerablemente. Aplicando el criterio presentado en el Manual de Desarrollo de Proyectos de Energía Distrital, donde señala que de acuerdo a la experiencia internacional, una densidad de demanda energética alrededor de los 70 (kWh/año*m²) presenta condiciones favorables para la conexión a una red distrital, por tanto, se concluye que solo para la localidad de Puerto Aysén es recomendable avanzar en estudios de pre-factibilidad de sistemas de calefacción distrital.

Este informe, recomienda ampliar el número de viviendas estudiadas, logrando una mayor representatividad del territorio, además, de sumar estudios empíricos de comportamiento térmico, logrando ajustar los resultados teóricos al consumo energético real de las viviendas. Para el caso de los edificios y las viviendas, se recomienda realizar evaluaciones económicas de sus mejoras en cuanto a aislación térmica, considerando el contexto de la región de Aysén.

Contenido

Informe Final: Mapas de calor en la Región de Aysén.....	0
Resumen Ejecutivo	1
Contenido.....	2
Objetivos del proyecto	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
A) Demanda térmica de viviendas	5
Cálculo demanda térmica de viviendas a través de herramienta CEV.....	5
Viviendas tipo.....	5
Selección de viviendas.....	9
Consideraciones para los cálculos.....	11
Línea base.....	17
Reacondicionamiento térmico	19
Demanda de agua caliente sanitaria (ACS)	25
Potencia peak de calefacción.....	26
B) Demanda térmica de edificios	29
Edificios en estudio	29
Metodología de simulación dinámica	30
Simulación de edificaciones de Puerto Aysén.....	31
Hospital de Puerto Aysén.....	31
Polideportivo de Puerto Aysén	35
Escuela Ribera Sur	39
Escuela Gabriela Mistral.....	43
Gobernación Provincial	47
Municipalidad de Puerto Aysén	51
Simulación de edificaciones de Puerto Cisnes	55
Hospital de Puerto Cisnes	55
Escuela Guido Gómez.....	59
Liceo Arturo Prat	63
Simulación de edificaciones de Chile Chico	67
Hospital de Chile Chico.....	67
Complejo educacional Luisa Rabanal Palma	71
	2

Resumen demanda térmica edificios.....	76
C) Mapas de calor.....	77
Metodología.....	77
Primera etapa: Obtención de la información geográfica de las manzanas	77
Procedimiento con shapefile “Microdatos CENSO 2017: Manzanas”	79
Procedimiento con plano CAD de Roles SII.....	80
Segunda etapa: Estimación de demanda térmica de las manzanas	80
Depuración Detalle catastral de comunas SII.....	80
Modelo de estimación.....	83
Procedimiento de depuración y estimación de demanda con base de datos del SII.....	86
Tercera etapa: Generación de la cartografía	86
Procedimiento de generación del mapa de calor.	86
Presentación de mapas de calor de densidad de demanda térmica: línea base de información 88	
Presentación de mapas de calor de densidad de demanda térmica; situación mejorada estándar PDA.....	93
D) Conclusiones y Recomendaciones.....	98
Conclusiones	98
Recomendaciones	99
E) Bibliografía	100

Objetivos del proyecto

Objetivo General

Diseño de mapas de calor de las zonas urbanas en las localidades: Puerto Aysén, Puerto Chacabuco, Puerto Cisnes y Chile Chico

Objetivos Específicos

- Caracterización de las viviendas en las comunas: Puerto Aysén, Puerto Cisne y Chile Chico.
- Selección y caracterización de los edificios de mayor consumo energético en las comunas: Puerto Aysén, Puerto Chacabuco, Puerto Cisne y Chile Chico.
- Levantamiento de datos geográficos de las comunas: Puerto Aysén, Puerto Cisne y Chile Chico,
- Cálculo de la demanda energética de las viviendas de las localidades: Puerto Aysén, Puerto Chacabuco, Puerto Cisne y Chile Chico, en base a la metodología “Calificación Energética de Viviendas” (CEV 2.01) del MINVU.
- Visita a terreno, para contrastar información sobre la caracterización de edificios, como para incluir potenciales elementos faltantes de la caracterización.
- Cálculo de la demanda energética de los edificios seleccionados por comuna.
- Georreferenciación de la demanda energética comunal, para el diseño de mapa de calor de las localidades: Puerto Aysén, Puerto Chacabuco, Puerto Cisne y Chile Chico.

A) Demanda térmica de viviendas

Cálculo demanda térmica de viviendas a través de herramienta CEV

Con motivo de evaluar las condiciones térmicas de las viviendas de las localidades de Puerto Cisnes, Puerto Aysén, Puerto Chacabuco y Chile Chico, se utiliza la metodología presentada por la herramienta de Calificación Energética de Viviendas “CEV 2.01” del MINVU. El objetivo de esta herramienta es conocer el desempeño energético que poseen casas o departamentos y en base a eso calificarlas. La herramienta consiste básicamente en tres planillas Excel, las que están programadas para calcular las diversas formas de intercambio de energías de las viviendas entre su interior y el exterior (flujos de calor, radiación, iluminación, infiltraciones de aire, etc).

En particular, en la primera planilla Excel se debe ingresar todos los datos de arquitectura de la vivienda ingresando sus características y transmitancias calculadas. La segunda planilla es el motor de cálculo, la cual se ejecuta una vez completa la primera y finalmente la tercera entrega los resultados, en lo que se puede incluir datos sobre equipos climatizadores en caso de haberlos. El método utilizado resulta particularmente útil para los fines de este proyecto, por lo que será utilizado como base para los cálculos de demanda térmica.

Viviendas tipo

De los planos facilitados por la SEREMI de Medio Ambiente de la región de Aysén y las distintas Direcciones de Obras Municipales (DOM) de las tres municipalidades, a través de la base de datos del MINVU y las medidas en terreno, se obtuvieron un total de 3 viviendas en la comuna de Chile Chico, 1 de Cisnes y 9 en Aysén, contando aquellas con planimetría y especificaciones técnicas.

Las viviendas fueron seleccionadas y usadas en base a los siguientes criterios:

a) Criterio estadístico

Al revisar las bases de datos del CENSO (INE) y del SII, tuvimos un criterio de representatividad en la materialidad de las viviendas para las distintas localidades, descartando las de baja representatividad como se muestra a continuación:

Tabla 1: Materialidad en muros según base de datos SII

Material	AYSÉN		CISNES		CHILE CHICO	
	N° Viviendas	%	N° Viviendas	%	N° Viviendas	%
Acero	4	0,04%	1	0,04%	1	0,04%
Hormigón armado	4	0,04%	0	0,00%	4	0,17%
Albañilería	106	1,08%	17	0,71%	565	23,41%
Madera	9320	95,39%	2233	92,62%	1273	52,73%
Adobe	0	0,00%	0	0,00%	376	15,58%
Perfil metálico	336	3,44%	160	6,64%	190	7,87%
Prefabricados	0	0,00%	0	0,00%	5	0,21%
TOTAL, VIVIENDAS	9770	100%	2411	100%	2414	100%

Fuente: Elaboración propia en base a datos SII ([INE 2017](#)).

Tabla 2: Materialidad en muros según base de datos INE

	AYSÉN	CISNES	CHILE CHICO
MURO (MUESTRA)	6567	1345	1131
Hormigón armado	3,5%	3,0%	6,5%
Albañilería	3,5%	3,0%	30,1%
Tabique forrado	79,2%	75,7%	41,6%
Tabique por una cara	10,8%	13,2%	5,0%
Adobe	0,3%	0,2%	13,8%
Materiales precarios	2,7%	4,9%	3,0%

Fuente: Elaboración propia en base a datos Censo 2017 ([INE 2017](#)).

Las tablas antes expuestas, muestran la distribución de materialidades, en donde vemos un acople significativo entre las bases de datos a pesar de tener distintas variables, sobre todo en la comuna de Aysén y Cisnes, donde podríamos decir que prácticamente la totalidad de viviendas son de tabiquería de madera. Para el caso de Chile Chico se presenta una distribución distinta, donde se puede apreciar la presencia significativa de viviendas de Adobe, Albañilería, Tabiquería de Madera o Perfil Metálico.

Tabla 3: Materialidad en techumbre según base de datos INE

	AYSÉN	CISNES	CHILE CHICO
TECHO (MUESTRA)	6577	1343	1133
Tejas	4,9%	5,0%	3,7%
Losa hormigón	0,00%	-	0,1%
Planchas metálicas o pizarreño	93,6%	94,1%	95,0%
Fonolita	0,1%	0,1%	0,1%
Materiales precarios	1,3%	0,8%	1,1%
Sin cubierta	0,0%	-	0,1%

Tabla 4: Materialidad en pisos según base de datos INE

	AYSÉN	CISNES	CHILE CHICO
PISO (MUESTRA)	6560	1343	1130
Cubierta sobre radier	86,3%	95,4%	86,7%
Radier	1,8%	1,5%	2,7%
Baldosa de cemento	9,4%	2,2%	7,6%
Capa de cemento sobre tierra	2,4%	0,8%	2,9%
Tierra	0,0%	0,1%	0,1%

Fuente: Elaboración propia en base a CENSO [2017](#) (INE, 2017).

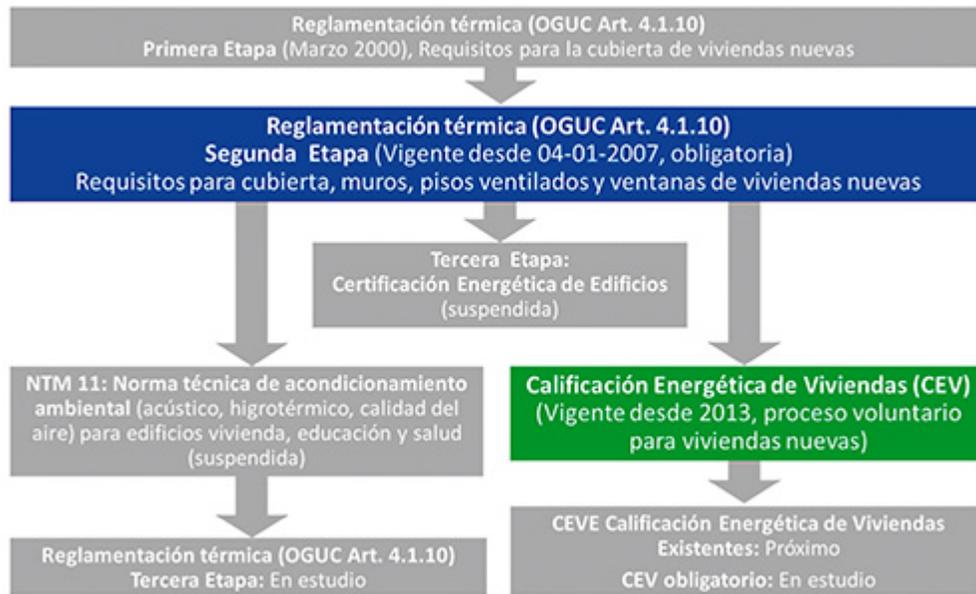
Para los elementos de techumbre y piso, se realizó una selección de acuerdo con la base de datos del CENSO 2017, donde se puede observar que el material más utilizado en techumbres son planchas metálicas o pizarreño, cuyo aporte a la resistencia térmica total es despreciable y en el caso del elemento piso se analiza el piso sobre radier, dada su alta representatividad en todas las localidades.

En Aysén, se puede observar que el 58% de las viviendas son aisladas y un 42% corresponde a viviendas pareadas, en Chile Chico el 91,7% de las viviendas son aisladas y el 8,3% son viviendas pareadas, según base de datos CASEN 2015 (Ministerio de Desarrollo Social, 2015). En Cisnes no se encontraron datos representativos.

b) Criterio normativo

En Chile la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) explicita estándares mínimos en lo que respecta a aislación térmica en la vivienda, identificándose etapas en la evolución de estos.

Figura 1: Evolución de la reglamentación térmica



Fuente: Elaboración María Blender (Blender, 2016)

En lo concreto, el año 2000 entra en vigor los requisitos para la cubierta en techumbres y en el año 2007 se amplía a muros y pisos ventilados, dependiendo de la zona térmica en cuestión.

Figura 2: Requisitos para cubierta, muros y pisos ventilados según zona térmica, OGUC 2007

Zona térmica	TECHO			MUROS			PISOS VENTILADOS		
	Complejo techo		Material aislante	Complejo muro		Material aislante	Complejo piso		Material aislante
	U_{max}	$T_{i, min}$	$R100_{min}$	U_{max}	Rt_{min}	$R100_{min}$	U_{max}	Rt_{min}	$R100_{min}$
	$W/m^2 \cdot K$	$m^2 \cdot K/W$	-	$W/m^2 \cdot K$	$m^2 \cdot K/W$	-	$W/m^2 \cdot K$	$m^2 \cdot K/W$	-
1	0,84	1,19	94	4,00	0,25	23	3,60	0,28	23
2	0,69	1,67	141	3,00	0,33	98	0,87	1,15	98
3	0,47	2,13	188	1,90	0,53	126	0,70	1,43	126
4	0,38	2,63	235	1,70	0,59	150	0,60	1,67	150
5	0,33	3,03	282	1,60	0,63	183	0,50	2,00	183
6	0,28	3,57	329	1,10	0,91	239	0,39	2,56	239
7	0,25	4,00	376	0,60	1,67	295	0,32	3,13	295

Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (SERVIU, 1992)

Con ello, se asumirá que las viviendas cumplen con la reglamentación según su año de construcción.

c) Criterio práctico

En la visita a terreno se pudo verificar un problema estadístico sobre la representación de pisos ventilados en las estadísticas del INE. Particularmente en Cisnes, se pudo comprobar, que la mayor parte de sus viviendas presentan piso ventilado por las características del suelo en la zona. Así mismo en Aysén todas las viviendas construidas antes del 2000 de las cuales tuvimos planimetría y

especificaciones técnicas fueron construidas con piso ventilado. Se solicitó información y referencia a SERVIU, pero no se tuvo respuesta. Se solicita utilizar el rango propuesto de 100% de las viviendas.

Selección de viviendas

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las viviendas que fueron entregadas por la SEREMI de Medio Ambiente de la región de Aysén y las distintas municipalidades.

Tabla 5: Viviendas recibidas con planimetría y especificaciones técnicas

N°	Localidad	Año construcción	Proyecto	Materialidad	Piso	Cantidad de pisos	Tipo
1	Pto. Aysén	Pre 2000	(Medida particularmente)	Madera	Ventilado	1	Aislada
2	Pto. Aysén	1989	Río Aysén	Madera	Ventilado	1	Aislada
3	Pto. Aysén	2001	Población Michelato	Metálico	Radier	2	Pareada
4	Pto. Aysén	2008	Comité Desafío Justo	Madera	Radier	1	Aislada
5	Pto. Aysén	2008	Buscando un Hogar	Madera	Radier	1	Aislada
6	Pto. Aysén	2008	Golpeando Puertas	Madera	Radier	1	Aislada
7	Pto. Aysén	2012	150 viviendas sociales	Madera	Radier	2	Aislada
8	Pto. Chacabuco	1990	Comité Arturo Prat	Madera	Ventilado	1	Pareada
9	Pto. Chacabuco	1989	Comité Bahía Chacabuco	Madera	Ventilado	1	Aislada
10	Pto. Cisnes	2012	Nuevo Horizonte	Madera	Ventilado	1	Aislada
11	Chile Chico	2015	127 viviendas sociales	Metálico	Radier	1	Aislada
12	Chile Chico	Pre 2000	(medida particularmente)	Adobe	Radier	1	Aislada

Fuente: Elaboración propia.

Para simular de acuerdo con los criterios antes descritos, se tuvo que seleccionar, descartar y simular de acuerdo con las necesidades de representación de viviendas. Aquello fue una determinación del equipo y queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 6: Viviendas utilizadas según criterios

Localidad	Tipo	ESPECIFICACIÓN	Vivienda tipo. Por año.	Vivienda utilizada	
Puerto Aysén – Puerto Chacabuco	PAREADA	PISO RADIER	EN 2000-2007	3, con modificaciones	
			POST 2007	3, con modificaciones	
			PDA R-P	3, con modificaciones	
		AISLADA	PISO VENTILADO	PRE-2000	8, sin modificaciones
				PDA PVEN-P	8, con modificaciones
				PISO RADIER	EN 2000-2007
	POST 2007		7, sin modificaciones		
	PDA R-A HASTA 2007		1, con modificaciones		
	AISLADA		PISO VENTILADO	PDA R-A POST 2007	7, con modificaciones
		EN 2000-2007		1, con modificaciones	
		POST 2007		10, sin modificaciones	
		PISO VENTILADO	PDA PVENT-A HASTA 2007	1, con modificaciones	
PDA PVENT-A POST 2007			10 con modificaciones		
Chile Chico			AISLADAS RADIER	METÁLICO	POST 2007
	PDA	11, con modificaciones			
	MADERA	PRE 2000		13(*), con modificaciones	
		EN 2000-2007		13(*), con modificaciones	
		POST 2007		13(*), sin modificaciones	
		PDA		13(*), con modificaciones	
	ADOBE	PRE 2000	12, sin modificaciones		
		PDA	12, con modificaciones		
	ALBAÑILERÍA	PRE 2000	11, con modificaciones		
		EN 2000-2007	11, con modificaciones		
		POST 2007	11, con modificaciones		
		PDA	11, con modificaciones		
Puerto Cisnes	MADERA – PISO VENTILADO – AISLADAS	PRE-2000	1, sin modificaciones		
		EN 2000-2007	1, con modificaciones		
		POST 2007	10, sin modificaciones		
		PDA HASTA 2007	1, con modificaciones		
		PDA POST 2007	10, con modificaciones		
(*) Se determinó usar vivienda ya analizada en estudio de Cochrane					
(**) Se puede notar, que hay viviendas sin utilizar, debido a su similitud en características.					

Fuente: Elaboración propia

La descripción del ingreso de las viviendas originales a la herramienta CEV es descrito en el ANEXO 1 de este documento.

Consideraciones para los cálculos

Cálculo de transmitancia térmica

La transmitancia térmica de los elementos opacos de la envolvente (muros, techos y pisos ventilados) serán calculados como se recomienda en la NCh 853 de 2007 en base a los fundamentos de transferencia de calor. Donde la transmitancia térmica “U” (flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento) está definida de la siguiente manera:

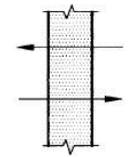
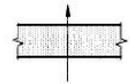
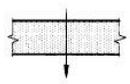
$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

R_{si} y R_{se} corresponden a la resistencia superficial interior y resistencia superficial exterior respectivamente, “e” corresponde al espesor del material que compone el elemento y λ corresponde a la conductividad térmica del material. $\frac{e}{\lambda}$ representa la resistencia térmica del material componente.

Dado que en general, los elementos de la envolvente están formados por varias “capas” de diferentes materiales constructivos, (revestimiento, aislación, tabiquería, recubrimiento, cámaras de aire, etc.) se deben sumar cada una de las resistencias que aporta cada capa de material, como lo indica la ecuación anterior.

Los valores de R_{si} y R_{se} dependen de la naturaleza de la dirección del flujo de calor que se está considerando, por lo que varía si se calcula un muro, un techo o un piso ventilado, como se puede observar en la Figura 3. También varía dependiendo de si en el exterior el aire se encuentra quieto o en movimiento.

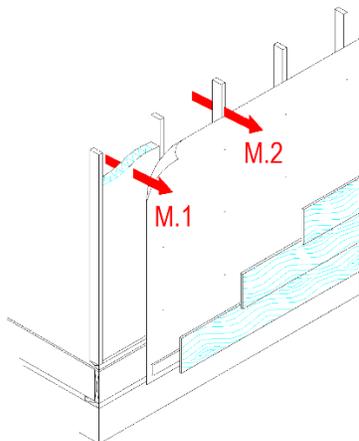
Figura 3: Resistencia térmica de superficie dependiendo del sentido del flujo

Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Resistencias térmicas de superficie en m ² x K/W					
		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Fuente: Norma Nch 853

Además, los elementos constructivos pueden no ser homogéneos en su composición periférica. Por ejemplo, en los muros de tabiquería de madera, donde las tablas que componen los tabiques ocupan sectores específicos del área del muro separadas cierta distancia unas de otras. Se tiene que el flujo de calor presenta un valor diferente donde hay tabique y donde no. Como se esquematiza a continuación:

Figura 4: Flujo de Calor tabiquería



Fuente: elaboración propia.

En estos casos, la forma de calcular el elemento completo (muro, techo, etc) se hace de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$U_{total} = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A}$$

Con

U_{total} : Transmitancia total del elemento

U_i : Transmitancia de cada subelemento

A : Área total del elemento.

A_i : Área superficial que ocupa el sub elemento.

El elemento de envolvente se debe dividir en sub-elementos homogéneos linealmente (que presenten los mismos materiales componentes de manera lineal desde el interior de la vivienda hacia el exterior) y calcular de manera individual su “U”.

Los valores de conductividad térmica “λ” de cada material serán obtenidos de las tablas indicadas en la NCh 853.

Existen otros procedimientos particulares a tener en cuenta, como ejemplo cuando hay cámaras de aire entre medio de los elementos de la envolvente, los que serán debidamente informados en los procedimientos de cálculo en la medida que sea necesario.

En el caso de elementos transparentes y marcos, se usarán los valores predeterminados de transmitancia por la herramienta CEV, especificados a continuación:

Tabla 7: Transmitancia ventanas; vidrios y marcos

Ventana tipo	U vidrio [W/m ² K]	Tipo de marco	U marco [W/m ² K]
Vidrio monolítico	5,80	Madera	2,6
DVH 6mm	3,28	PVC	2,8
DVH 9mm	3,01	Metálico sin RPT	5,8
DVH 12mm	2,85	Metálico con RPT	3,3
DVH 15mm	2,80		

Fuente: Manual CEV 2019

Modificaciones a viviendas originales

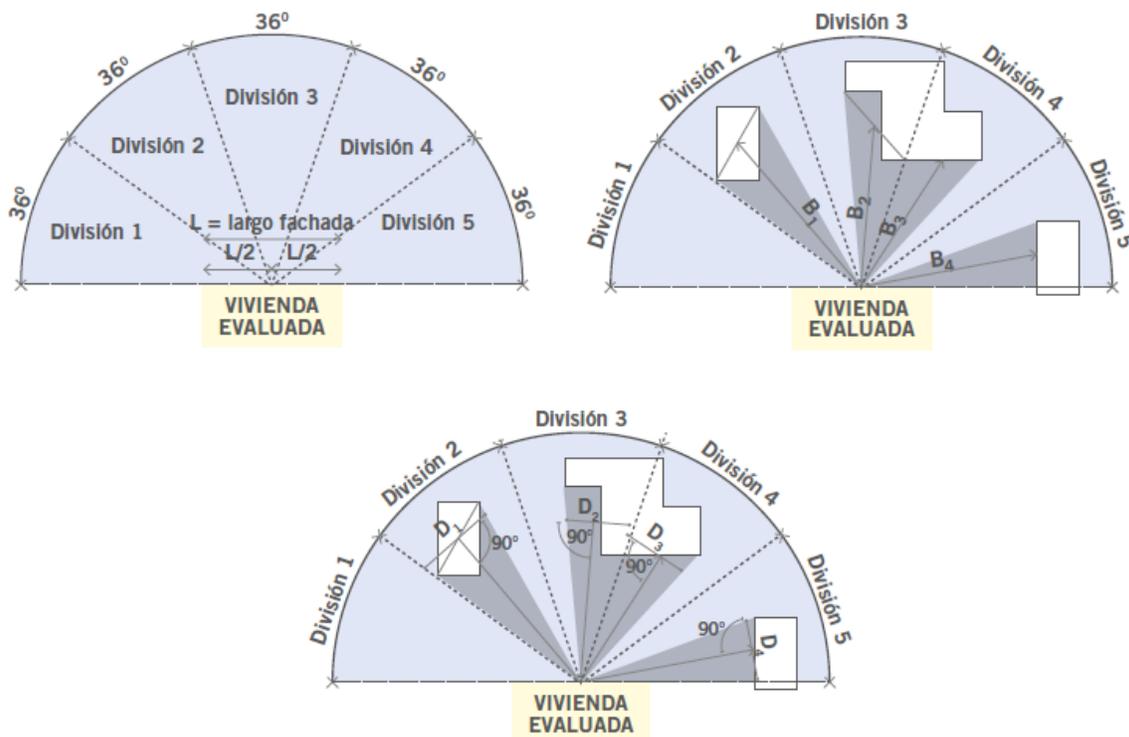
Las viviendas originales se ajustaron en base a cumplir con la normativa vigente para distintos años de construcción, respetando la arquitectura original, esto quiere decir, solo se supuso un aumento o disminución de la aislación térmica para los distintos elementos de la envolvente, según lo descrito en la Figura 2.

Se vio en la necesidad, ante la falta de información, de simular viviendas pareadas de piso radier en Aysén a partir de la vivienda N°3, con lo cual hubo una modificación de la materialidad de sus paredes y techo. Lo mismo para viviendas de albañilería en Chile Chico para todos los años de construcción, y eso se hizo a partir de la vivienda N°11, cambiando la materialidad de paredes y techos.

Factor de Obstrucción Elementos Remotos (FAR)

Los FAR corresponden básicamente a obstrucciones remotas que generan sombras sobre el edificio, su cálculo depende de la obtención de los parámetros B y D, especificado a continuación, para cada obstrucción en cada una de las cuatro orientaciones de la vivienda evaluada.

Figura 5: Parámetros asociados para el ingreso de FAR en la herramienta CEV



Fuente: Manual CEV 2019 del MINVU.

Estas obstrucciones remotas las clasificamos en dos: Topográficas y por edificaciones. Para calcularlos de manera que sea representativo de la mayoría de edificaciones similares dentro de cada localidad se procedió de la siguiente manera: se escogió una vivienda céntrica en cada localidad, de modo de representar los elementos topográficos promedio en cada ciudad y cuidando de que la vivienda estuviera en una cuadra promedio en densidad poblacional.

Para calcular los parámetros señalados se utilizó una vista real satelital de las viviendas haciendo uso de la herramienta Google Earth. Luego, exportando la figura satelita a la herramienta Autocad,

la Figura fue escalada a tamaño real, obteniendo así directamente los parámetros. Las viviendas y las imágenes correspondientes utilizadas para cada una de las comunas son las siguientes:

Figura 6: Vivienda utilizada en obtención de FAR, Cisnes.



Fuente: Google Maps, Puerto Cisnes -44.7298, -72.6780.

Figura 7: Vivienda utilizada en obtención de FAR, Chile Chico.



Fuente: Google Maps, Chile Chico -46.5224, -71.7251.

Figura 8: Vivienda utilizada en obtención de FAR, Aysén.



Fuente: Google Maps, Puerto Aysén, -45.4134, -72.6895.

Renovaciones de Aire por Hora (RAH)

Existe un factor que es determinante a la hora de realizar los cálculos energéticos para las viviendas evaluadas: Las infiltraciones de aire.

Corresponde a los flujos de aire que ingresan o salen de un edificio, las que representan un importante transporte térmico con el exterior. Como se verá a continuación, las infiltraciones, calculadas de acuerdo con las renovaciones de aire por hora (en adelante RAH); que es cantidad de veces que el volumen de aire del interior es reemplazado completamente por aire exterior en un periodo de una hora, representan un factor bastante más crítico que la misma aislación de la vivienda.

1. De acuerdo al manual de hermeticidad del aire de edificaciones, estudio realizado por la CITEC UBB y el DECON UC, las viviendas en Chile presentan un nivel de hermeticidad bastante bajo, lo que quiere decir que el nivel de infiltraciones es muy alto y, por tanto, la cantidad de RAH también es alta. La herramienta de CEV calcula las RAH de manera automática, atendiendo a la naturaleza de la envolvente y a las características y materialidad con la que ha sido definida, sin embargo, los valores asignados por el motor de dicha herramienta son bastante bajos, sin embargo, es posible modificar e ingresar manualmente un valor de RAH de acuerdo a método de cálculos o de contar con un dispositivo renovaciones de aire. Al comparar los valores del estudio del manual de hermeticidad mencionado, se tienen valores bastante dispersos y de gran magnitud.

Como punto de partida, se fija un valor que será designado como “línea base” que dependerá de la materialidad de la vivienda, utilizando como referencia los valores en el manual.

Tabla 8: Valor de renovaciones de aire por hora (RAH) por tipología

Materialidad	Año de construcción	RAH [50Pa]
Madera	PRE- 2000	24,6
	2000-2007	15,0
	POST 2007	12,2
Metálico	POST 2007	10,2
Adobe	PRE- 2000	10,2
Albañilería	TODAS	10,8

Fuente: Elaboración propia en base a estudio CITEC UBB y el DECON UC.

Se aprecia que, en el caso de la materialidad de madera, y como la dispersión de datos era muchísimo mayor a otros casos, se supuso un descenso en el valor de RAH en el avance de años. En los demás casos, se respetó el promedio indicado en el manual.

- En Coyhaique está vigente el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) el cual presenta una serie de medidas, entre las que destacan soluciones constructivas para las edificaciones de la comuna, estándares que tienen mayor exigencia térmica que los que actualmente exige la OGUC, como se puede observar comparando la figura 1 y 9. De acuerdo con esto, se ha procedido a modelar las viviendas de acuerdo con lo establecido en el PDA, en una segunda simulación. Entre las soluciones constructivas destacan una mayor aislación en muros y techos, ventanas y hermeticidad de las viviendas. Además, la cantidad de RAH (50Pa) se fija en 4.

Línea base

Los resultados de la línea base se hicieron para las 23 viviendas tipo en las 4 localidades, cada una de ellas rotada en las 4 direcciones principales y promediando resultados. Los resultados de interés mostrados son la demanda térmica de calor para calefacción por metro cuadrado, la demanda peak de calor y la demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

La demanda peak se obtiene se extrae de la planilla de resultados, que presenta el balance de energía horario para el día representativo del mes de Enero y Julio, siendo este ultimo el de nuestro interés por ser el mes más frío y del cual se extrae la demanda más alta, generalmente la hora entre las 8 y 9 am, según el perfil de usuario predeterminado por la CEV.

Por otro lado, la demanda de ACS anual es parte de los resultados de la tercera planilla, calculada en base a la cantidad de ACS por persona (asociada al número de dormitorios) y el balance energético entre el suministro de agua y la salida de ACS a la temperatura de uso. Ella se extrae y se divide por los metros cuadrados de vivienda construida, de manera de mostrar los resultados proporcionales.

A modo de ejemplo se expone la siguiente tabla, con los resultados de una de las viviendas:

Tabla 9: Resultados de vivienda en Cisnes, con piso ventilado, post 2007 en 4 direcciones

POST 2007	Demanda anual [kWh-año]	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
E	8319	164.6	1.88	38.91
N	8009	158.4	1.81	38.91
O	7679	151.9	1.87	38.91
S	7981	157.9	1.88	38.91
PROM	7997	158.2	1.86	38.91

Fuente: Elaboración propia

Por la extensión se dejará solo el valor promedio de demanda térmica en las viviendas de cada localidad a continuación:

Tabla 10: Resumen resultados línea base, Puerto Cisnes

RESUMEN	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
Pre2000	593.6	9.83	33.00
En 2000-2007	401.4	6.66	33.00
Post 2007	158.2	1.86	38.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Resumen resultados línea base, Puerto Chacabuco y Puerto Aysén

Año de construcción	Tipo de vivienda	Tipo de piso	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
Pre2000	Pareada	Radier	533.4	4.28	40.65
		Ventilado	637.0	4.29	41.28
	Aislada	Radier	541.0	9.38	33.00
		Ventilado	653.1	10.78	33.00
En 2000-2007	Pareada	Radier	317.4	2.73	40.65
		Ventilado	346.1	2.46	41.28
	Aislada	Radier	283.7	5.26	33.00
		Ventilado	392.6	6.66	33.00
Post 2007	Pareada	Radier	163.9	1.57	40.65
		Ventilado	119.1	1.02	41.28
	Aislada	Radier	214.6	1.99	39.95
		Ventilado	163.7	1.87	38.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Resumen resultados línea base, Chile Chico.

Año de construcción	Materialidad	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
Pre2000	Madera	706.3	6.70	38.00
	Adobe	928.2	3.09	45.01
	Albañilería	570.7	5.26	39.61
En 2000-2007	Madera	341.0	3.77	38.00
	Albañilería	290.0	3.00	39.61
Post 2007	Metálico	230.9	2.36	39.61
	Madera	197.1	2.23	38.00
	Albañilería	205.1	2.22	39.61

Fuente: Elaboración propia

Reacondicionamiento térmico

Las viviendas se modelan según los requerimientos del PDA de Coyhaique, que los especifica para los distintos elementos de la envolvente, como se muestra a continuación:

Figura 9: Estándar PDA de transmitancia para elementos de la envolvente de una vivienda

Elemento	Estándar	Valor
Techo	Valor U [W/(m ² K)]	0,25
Muro		0,35
Piso ventilado		0,32
Ventana		3,60
Puerta		1,70

Fuente: PDA Coyhaique

Figura 10: Estándar PDA de valores para infiltración de aire en RAH

Elemento	Estándar	Valor
Vivienda	Clase de infiltración de aire a 50Pa (ach)*	4
Puerta y ventana	Grado de Estanqueidad al viento a 100Pa (m ³ /h m ²)	7

Fuente: PDA Coyhaique

La modificación de la vivienda se hizo cambiando el valor de la transmitancia para cada uno de los elementos y reemplazando las ventanas, que eran de vidrio monolítico para todos los casos anteriores, por DVH espaciado 6mm.

Los resultados están a continuación:

Tabla 13: Resultados con estándar PDA para viviendas en Puerto Cisnes

Vivienda con estándar PDA	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
viviendas hasta el 2007	114.1	2.34	26.4
viviendas post 2007	96.9	1.30	25.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultados con estándar PDA para viviendas en Puerto Aysén y Puerto Chacabuco

Vivienda con estándar PDA	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
Pareada con piso radier	120.5	1.27	40.65
Pareada con piso ventilado	88.5	0.81	41.28
Aislada con piso radier	Hasta 2007	118.8	2.61
	Post 2007	136.9	1.40
Aislada con piso ventilado	Hasta 2007	107.5	2.33
	Post 2007	101.4	1.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resultados con estándar PDA para viviendas en Chile Chico

Vivienda con estándar PDA	Demanda por m ² [kWh/m ² -año]	Demanda peak [kWh]	Demanda ACS [kWh/m ² -año]
METÁLICO	147.8	1.64	39.61
MADERA	142.4	1.68	38.00
ADOBE	186.5	0.88	45.01
ALBAÑILERÍA	171.4	1.94	39.61

Fuente: Elaboración propia

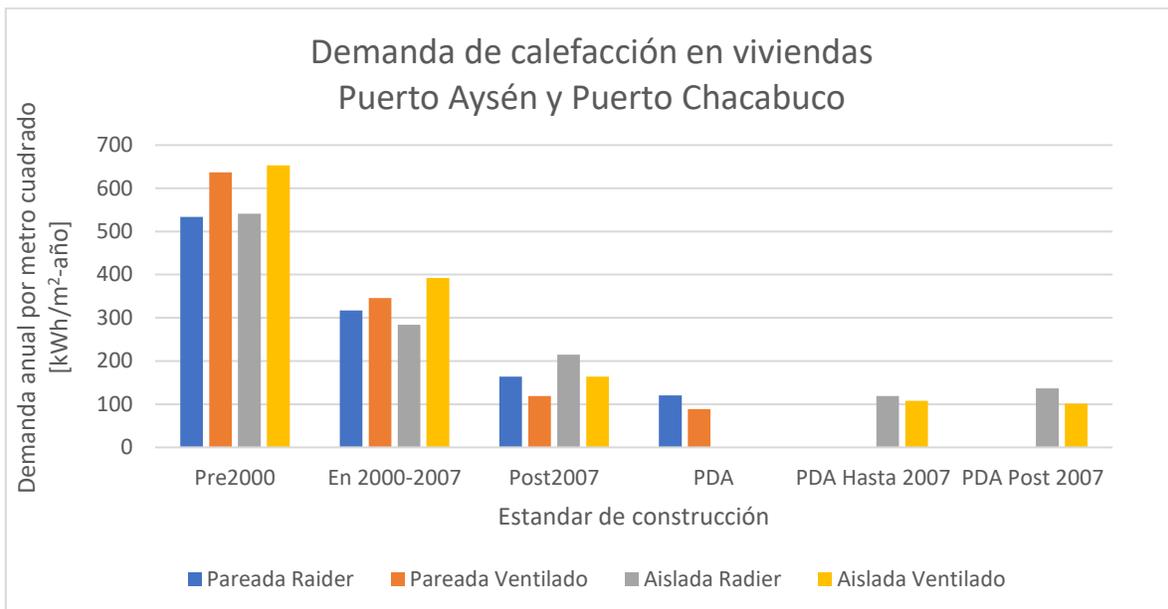
Finalmente, en las siguientes figuras se gráfica el efecto de la reglamentación en aislación térmica de la vivienda, junto con el efecto del estándar PDA en las demandas térmicas de calefacción:

Figura 11 Demanda Calefacción Viviendas Chile Chico



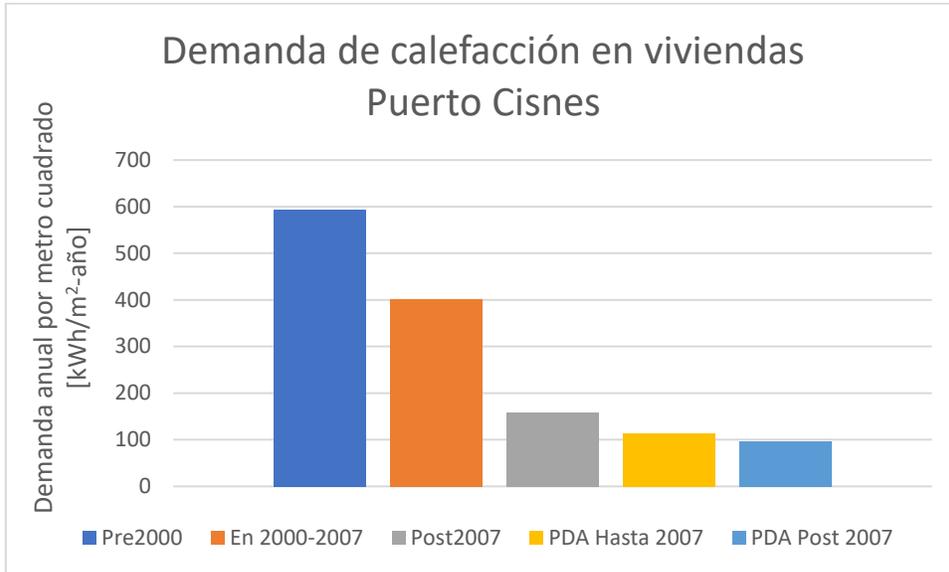
Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Demanda de calefacción en viviendas Puerto Aysén y Puerto Chacabuco



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Demanda de calefacción en viviendas Puerto Cisnes



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla resumen:

Tabla 16: Resumen ahorro energético viviendas

Localidad	Tipología	Demanda de calefacción línea base [kWh/año-m ²]	Demanda de calefacción PDA [kWh/año-m ²]	Ahorro Línea Base / Estándar PDA [%]
Puerto Cisnes	Pre2000	593.6	114.1	80.7
	Entre 2000-2007	401.4	114.1	71.6
	Post 2007	158.2	96.9	38.7
Puerto Aysén – Puerto Chacabuco (*)	Par-Ra pre2000	533.4	120.5	77.4
	Par-Ra Entre 2000-2007	317.4	120.5	62.0
	Par-Ra post 2007	163.9	120.5	26.5
	Par-Ve pre2000	637.0	88.5	86.1
	Par-Ve entre 2000-2007	346.1	88.5	74.4
	Par-ve post 2007	119.1	88.5	25.7
	Ais-Ra pre2000	541.0	118.8	78.0
	Ais-Ra entre 2000-2007	283.7	118.8	58.1
	Ais-Ra post 2007	214.6	136.9	36.2
	Ais-Ve pre2000	653.1	107.5	83.5
	Ais-Ve entre 2000-2007	392.6	107.5	72.6
	Ais-Ve post2007	163.7	101.4	38.1
	Chile Chico	Madera pre2000	706.3	142.4
Madera Entre 2000-2007		341.0	142.4	58.2
Madera post2007		197.1	142.4	27.8
Adobe pre2000		928.2	186.5	79.9
Albañilería pre2000		570.7	171.4	70.0
Albañilería entre 2000-2007		290.0	171.4	40.9
Albañilería post2007		205.1	171.4	31.1
Metálico post2007		230.9	147.8	36.0
(*)	Par-Ra: Vivienda pareada y con piso radier Par-Ve: Vivienda pareada y con piso ventilado Ais-Ra: Vivienda aislada y con piso radier. Ais-Ve: Vivienda aislada y con piso ventilado			

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que para las viviendas año pre2000, todas, al ser aisladas térmicamente, pueden ahorrar entre un 70% y 86,1% de la energía térmica utilizada en calefacción. Las viviendas construidas entre el año 2000 y 2007, el potencial de eficiencia energética varía entre 40,9% y un

74,4%, pero la totalidad de las viviendas de madera supera el 58,1%. Por último, las viviendas construidas post 2007, el ahorro energético simulado varía entre un 25,7% y un 38,1%.

Se destacan variaciones de transmitancia en la demanda energética simulada bajo estándar PDA para las viviendas post 2007, respecto a las viviendas construidas previo al año 2007, tanto para mayor consumo, como es el caso de la vivienda aislada con piso de radier en la comuna de Puerto Aysén, o para menor consumo, como es el caso de las viviendas post 2007 de Puerto Cisnes. Esto se debe a que la estimación de la demanda se realizó en base a viviendas reales, las cuales no necesariamente son comparables entre sí, por ejemplo; una vivienda de un piso, versus una vivienda de dos pisos, donde, si bien la herramienta CEV calcula la transmitancia en base a la suma del área de ambos pisos, tiene una menor área relativa en contacto con el suelo. Ocurre también que a menor superficie de envolvente, en general la proporción del área de superficie vidriada tiende a subir y por lo tanto ponderar una mayor demanda térmica en la envolvente. Un ejemplo del último factor es la vivienda aislada y con piso radier construida post 2007, que en comparación a las pre2007, posee una mayor demanda con estándar PDA, ya que posee cercano a la mitad de superficie construida a las tipologías pre2007.

Demanda de agua caliente sanitaria (ACS)

Además, gracias a la herramienta CEV se obtiene la demanda de agua caliente sanitaria anual para cada vivienda tipo, en base a una demanda promedio por persona y el balance energético entre el suministro (temperatura del agua de cañería) y la temperatura de uso, como ya había sido señalado. Los resultados se transforman de acuerdo con los metros cuadrados construidos. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 17: Demanda de ACS en viviendas de Puerto Aysén y Puerto Chacabuco

Año de construcción	Tipo de vivienda	Tipo de piso	Demanda ACS [kWh/m ² -año]	% ACS/Calefacción
Pre2000	Pareada	Radier	40.65	7.62
		Ventilado	41.28	6.48
	Aislada	Radier	33.00	6.10
		Ventilado	33.00	5.05
En 2000-2007	Pareada	Radier	40.65	12.8
		Ventilado	41.28	11.9
	Aislada	Radier	33.00	11.6
		Ventilado	33.00	8.41
Post 2007	Pareada	Radier	40.65	24.8
		Ventilado	41.28	34.7
	Aislada	Radier	39.95	27.8
		Ventilado	38.91	23.8
Estándar PDA	Pareada	Radier	40.65	33.7
		Ventilado	41.28	46.6
	Aislada	Radier hasta 2007	33.00	27.8
		Radier post 2007	39.95	29.2
		Ventilado hasta 2007	33.00	30.7
		Ventilado post 2007	38.91	38.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Demanda de ACS en viviendas de Puerto Cisnes

Año construcción	Demanda ACS [kWh/año-m ²]	% ACS/Calefacción
Pre 2007	33.00	5.56
Entre 2000-2007	33.00	8.22
Post 2007	38.91	24.6
PDA hasta 2007	33.00	28.9
PDA post 2007	38.91	40.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Demanda de ACS en viviendas de Chile Chico

Año de construcción	Materialidad	Demanda ACS [kWh/m ² -año]	% ACS/Calefacción
Pre2000	Madera	38.00	5.38
	Adobe	45.01	4.85
	Albañilería	39.61	6.94
En 2000-2007	Madera	38.00	11.1
	Albañilería	39.61	13.7
Post 2007	Metálico	39.61	17.2
	Madera	38.00	19.2
	Albañilería	39.61	19.3
Estándar PDA	Metálico	39.61	26.8
	Madera	38.00	26.7
	Adobe	45.01	24.1
	Albañilería	39.61	23.1

Fuente: Elaboración propia

Potencia peak de calefacción

La potencia peak de calefacción se obtiene suponiendo que la demanda peak ya mostrada, es requerida de manera homogénea durante la hora representativa. Es decir, si la demanda peak es de 1kWh, se estimará la potencia peak de calefacción será de 1kW. De la misma forma que anteriormente, se obtendrá la variable por metro cuadrado y se ponderará en las 4 orientaciones. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 20: Demanda peak de calefacción de Puerto Aysén y Puerto Chacabuco

Año de construcción	Tipo de vivienda	Tipo de piso	Potencia peak [kW]	Potencia peak [W/m ²]
Pre2000	Pareada	Radier	4.28	105
		Ventilado	4.29	114
	Aislada	Radier	9.38	106
		Ventilado	10.78	121
En 2000-2007	Pareada	Radier	2.73	66.8
		Ventilado	2.46	65.5
	Aislada	Radier	5.26	59.4
		Ventilado	6.66	75.2
Post 2007	Pareada	Radier	1.57	38.4
		Ventilado	1.02	27.2
	Aislada	Radier	1.99	44.5
		Ventilado	1.87	37.0
Estándar PDA	Pareada	Radier	1.27	31.1
		Ventilado	0.81	21.6
	Aislada	Radier hasta 2007	2.61	29.4
		Radier post 2007	1.4	31.3
		Ventilado hasta 2007	2.33	26.3
		Ventilado post 2007	1.31	25.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Demanda peak para viviendas de Puerto Cisnes

Año construcción	Potencia peak [kW]	Potencia peak [W/m ²]
Pre2007	8.21	111
Entre 2000-2007	5.04	75.2
Post 2007	1.86	36.8
PDA hasta 2007	2.34	26.4
PDA post 2007	1.30	24.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Demanda peak para viviendas de Puerto Chile Chico

Año de construcción	Materialidad	Potencia peak [kW]	Potencia peak [W/m ²]
Pre2000	Madera	6.70	113
	Adobe	3.09	165
	Albañilería	5.26	113
En 2000-2007	Madera	3.77	60.3
	Albañilería	3.00	64.3
Post 2007	Metálico	2.36	50.5
	Madera	2.23	39.9
	Albañilería	2.22	47.6
Estándar PDA	Metálico	1.64	35.1
	Madera	1.68	30.0
	Adobe	0.88	46.9
	Albañilería	1.94	41.6

Fuente: Elaboración propia

B) Demanda térmica de edificios

Para la estimación de las demandas energéticas de calefacción y refrigeración se utiliza la herramienta de simulación dinámica. Esta herramienta emplea fundamentos de transferencia de calor para hacer estimaciones de las variaciones de la temperatura interna de las edificaciones, considerando los factores internos y externos, y así, poder balancear la energía y establecer cuáles son las demandas.

Para llevar a cabo este proceso, se hace uso del software Energyplus™ versión 8.7, programa ampliamente avalado a nivel internacional para este tipo de aplicaciones de simulación energética.

Para este caso de estudio, se simulará en dos escenarios distintos, el primero que corresponde a la situación actual del edificio, llamado como “línea base”, y un segundo escenario que estará ceñido a las regulaciones del Plan de descontaminación atmosférica de Coyhaique (PDA Coyhaique), llamado como “situación mejorada”, donde se considera un mejoramiento de la envolvente térmica y una reducción de los valores de infiltración de aire del edificio.

Los objetivos de realizar la simulación dinámica en los edificios de las distintas localidades son:

- Estimar la demanda total de energía térmica.
- Obtener los perfiles anuales de demanda energética (calefacción y refrigeración) de cada edificio.

Edificios en estudio

Los edificios simulados en el marco del proyecto corresponden a:

Puerto Aysén:

- Hospital de Puerto Aysén
- Edificio Municipalidad de Puerto Aysén.
- Gobernación Provincial
- Polideportivo
- Escuela Ribera Sur
- Escuela Gabriela Mistral

Puerto Cisnes:

- Hospital Jorge Ibar Bruce
- Escuela Guido Gómez Muñoz
- Liceo Arturo Prat

Chile Chico:

- Hospital Dr. Leopoldo Ortega Rodríguez
- Liceo Luisa Rabanal Palma

Metodología de simulación dinámica

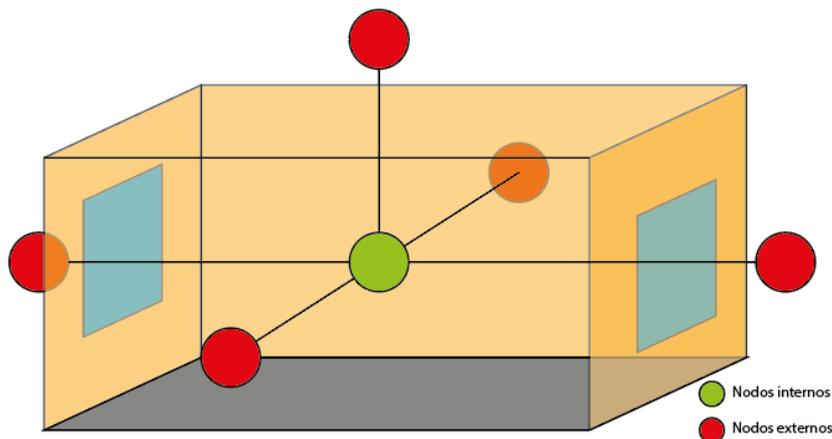
Para llevar a cabo la simulación, debe reunirse información relativa a:

- Datos climatológicos del lugar de emplazamiento.
- Planimetría y especificaciones técnicas de arquitectura del edificio.
- Ubicación y dirección.
- Cargas internas del edificio: Luces, personas, sistemas HVAC.
- Control termostático (temperatura de confort).
- Nivel de infiltraciones y ventilación.

Las tasas de generación metabólica de las personas al interior de los edificios son obtenidas según lo sugerido en el ASHRAE Handbook of Fundamentals de 2005. Por otro lado, la línea base de infiltraciones y ventilación son extraídas del Manual de hermeticidad al aire de edificaciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de 2014. Para edificios de salud se usa una ventilación de 8,4 [l/s*persona], para edificios educacionales 4,8 [l/s*persona], y para edificios administrativos (oficinas) una tasa de ventilación de 2,5 [l/s*persona]. Para el caso del Polideportivo, se considera como establecimiento educacional, debido a las similitudes con las que este cuenta con respecto a este tipo de edificios.

La primera etapa de la simulación consiste en la construcción de un modelo térmico monozona, a partir de las dimensiones obtenidas de los planos de construcción del edificio (principalmente planos de planta y planos de elevación). Este modelo térmico contiene un volumen de control (volumen interno) similar al del edificio original, con el fin de mantener las propiedades termodinámicas más esenciales.

Figura 14: Esquema de un modelo térmico monozona



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se extrapola la geometría a la interfaz del software Energyplus, y se ingresan las variables de control relacionadas con el posicionamiento del edificio, cargas internas, termostatos,

infiltraciones y ventilación, además de caracterizar los elementos constructivos con sus respectivas materialidades y propiedades. En esta etapa lo que se hace básicamente es establecer cada uno de los parámetros y límites de la simulación.

Finalmente, se ejecuta la simulación y se obtienen los resultados de la demanda de energía térmica para calefacción y para refrigeración.

Para calcular la transmitancia térmica (U) de los elementos constructivos del edificio (muros, techo, piso, ventanas) se utiliza la formulación clásica:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_N}$$

Donde R corresponde a la resistencia térmica de cada una de las capas que componen cada elemento.

$$R = \frac{e}{k}$$

e : Espesor del elemento [m]

k : Conductividad térmica [W/K-m]

Algunas consideraciones tomadas para la simulación son:

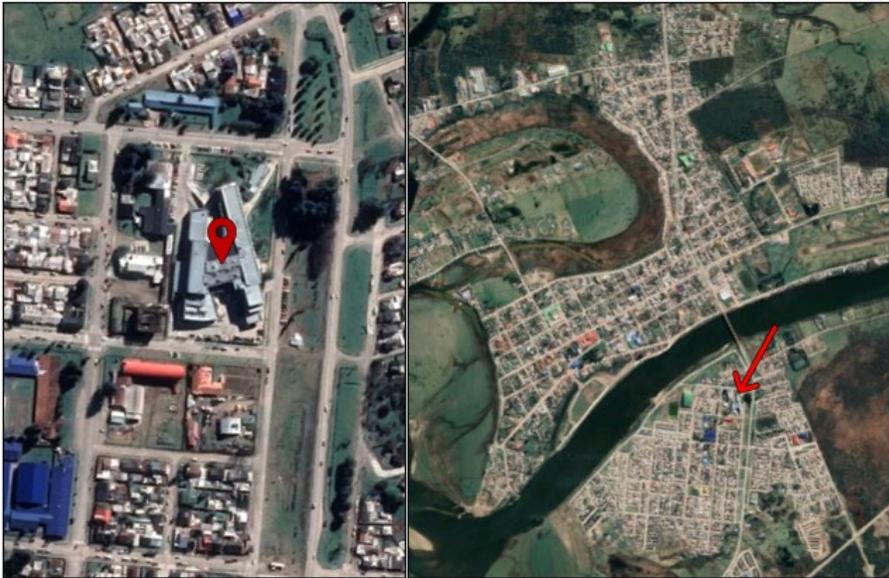
- Las puertas de los edificios, que son en gran parte de material vidriado, serán consideradas como ventanas, para los efectos del software.
- Se considera que los pisos de los edificios son de carácter adiabático, esto quiere decir que no transmiten energía con el entorno colindante, ya que al estar en contacto directo con el terreno (la tierra), las pérdidas de calor se minimizan.

Simulación de edificaciones de Puerto Aysén

Hospital de Puerto Aysén

Este edificio asistencial se encuentra ubicado en el centro de la comuna, en la dirección Alcalde Chindo Vera 317. Su latitud es de -45.4087° , y su longitud de -72.6841° , cuenta con una desviación de 4° en dirección oriente con respecto al norte.

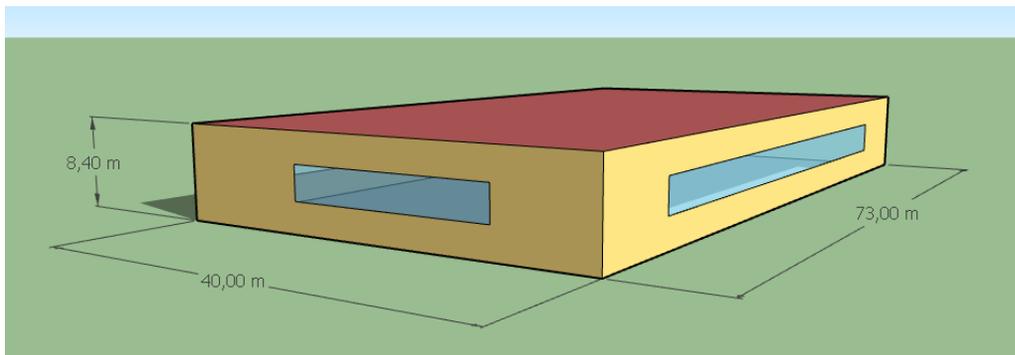
Figura 15. Ubicación espacial del edificio en el plano urbano.



Fuente: Google Earth.

A continuación, se muestra una representación geométrica del modelo térmico monozona utilizado para la simulación. La superficie utilizada por este edificio es de 2920 [m²].

Figura 16. Modelo térmico monozona - Hospital de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

Las cargas internas corresponden a los usuarios del edificio, horarios de uso y los valores de actividad metabólica de las personas que concurren el lugar. Tal como se comentó previamente, se utilizan valores sugeridos según la actividad realizada, en este caso, actividad hospitalaria [ASHRAE Handbook of Fundamentals, 2005]. Adicionalmente se utilizan los valores mínimos sugeridos por el Manual de Hermeticidad al aire de edificios, para edificios del rubro de la salud, tanto para ventilación como para infiltraciones de aire [MINVU, 2014]

Tabla 23: Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Hospital de Puerto Aysén.

Ítem	Valor
Personas	375
Luces [W/m ²]	25
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	6,5
Uso semana	24 hrs
Uso fin de semana	24 hrs

Fuente: Elaboración propia.

Para la infiltración de aire se considera 13,7 RAH n50 que equivale a 1,4 RAH n4 para la línea base y 4 RAH n50 (0,73 RAH n4) para la situación mejorada (PDA Coyhaique).

Posteriormente, se definen los materiales que se utilizaron para realizar la simulación, con sus respectivas conductividades, espesores y densidades. En la tabla a continuación se presenta la composición de distintos elementos constructivos.

Tabla 24. Construcción de la envolvente térmica – Hospital de Puerto Aysén.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Fibrocemento	12	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Hormigón armado	290	Poliestireno expandido	50	Tablero OSB	15
Vidrio	6	Poliestireno expandido	80			Poliestireno expandido	160
						Hormigón armado	150
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Fibrocemento	12	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Hormigón armado	290	Poliestireno expandido	50	Tablero OSB	15
Vidrio	6	Poliestireno expandido	90			Poliestireno expandido	150
						Hormigón armado	150

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que, en este caso, la mejora se resume en un aumento en la aislación del techo y muros, además de las mejoras en infiltraciones. A continuación, se muestra un resumen de las transmitancias térmicas (Factor U) en cada una de las construcciones del edificio para ambos casos.

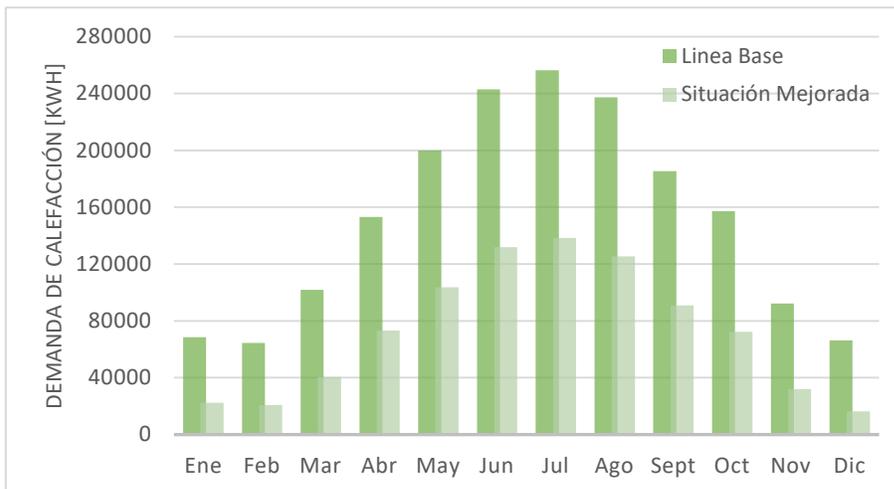
Tabla 25. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Hospital de Puerto Aysén.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	0,367	0,339
Techo	0,259	0,244
Ventanas	2,703	2,703
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia

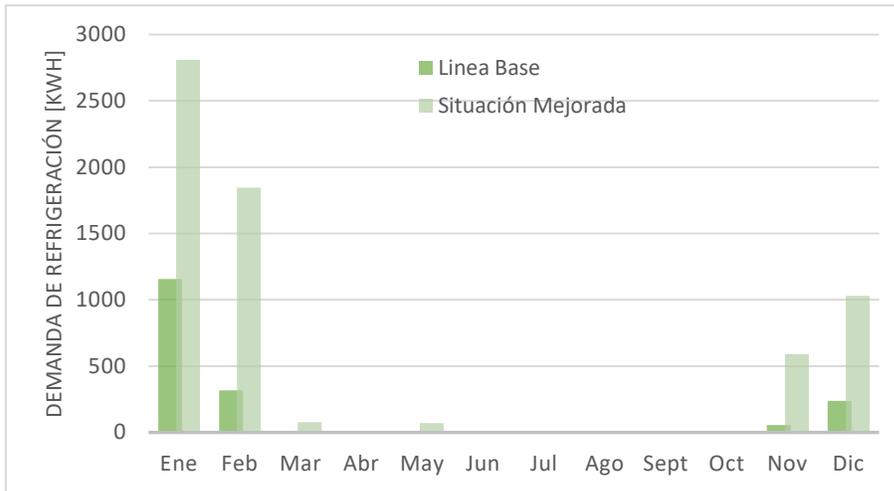
El perfil anual de demanda energética para calefacción y refrigeración del Hospital de Puerto Aysén, tanto para la situación de línea base como para la situación mejorada, se muestra en los siguientes gráficos.

Figura 17. Perfil de demanda anual de calefacción – Hospital de Puerto Aysén



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Perfil de demanda anual de refrigeración – Hospital de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

El resumen de las demandas energéticas totales durante un año, es presentado en la tabla a continuación.

Tabla 26. Resumen de la demanda térmica – Hospital de Puerto Aysén.

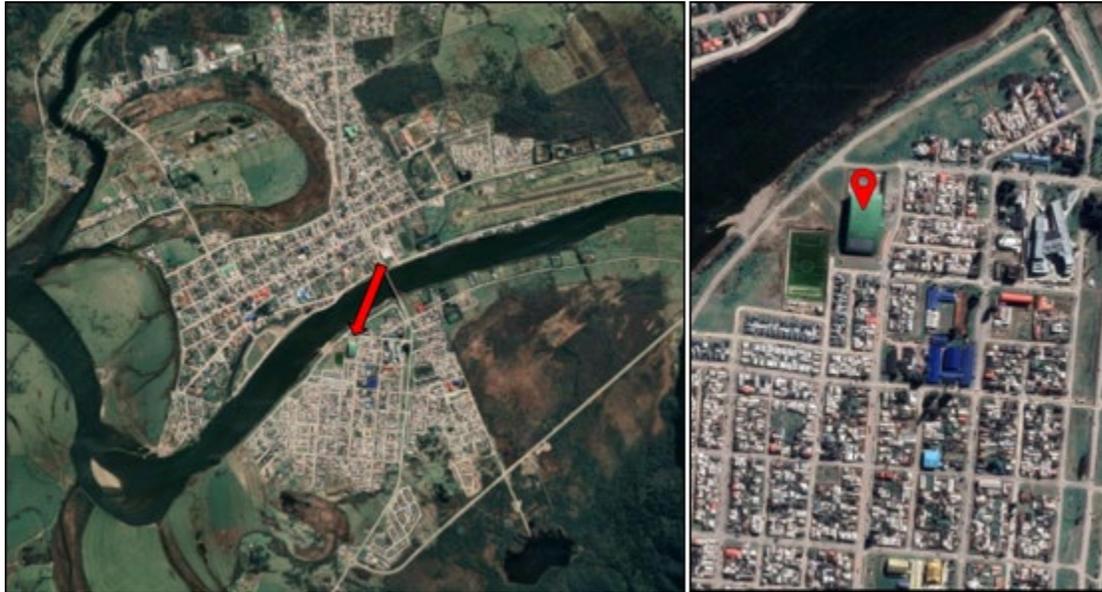
	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	1827,8	626,0	874,6	299,5	52%

Fuente: Elaboración propia.

Polideportivo de Puerto Aysén

Este edificio de uso comunitario deportivo se encuentra ubicado en la Avenida Benigno Díaz N°15, en la ribera sur del río Aysén. Su latitud es de -45,4085°, mientras que su longitud de -72,6879°. Su fachada norte tiene una desviación de 4° en dirección oriente, con respecto al eje norte real.

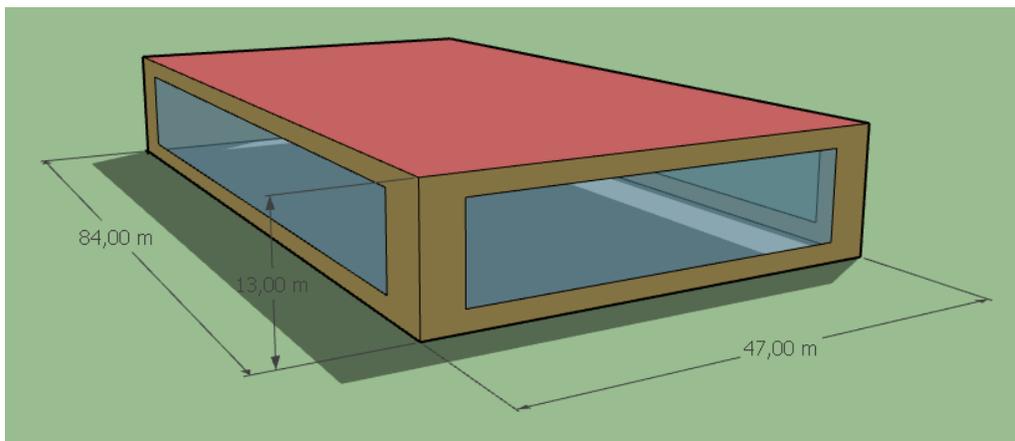
Figura 19. Ubicación del edificio en el plano urbano.



Fuente: Google Earth.

El modelo térmico monozona utilizado es presentado a continuación, donde la superficie basal utilizada por el edificio es de 3948 [m²].

Figura 20. Modelo térmico monozona – Polideportivo de Puerto Aysén



Fuente: Elaboración propia.

Las cargas internas y los valores relacionados para este edificio son obtenidos de las fuentes mencionadas anteriormente y se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 27. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Polideportivo de Puerto Aysén.

Ítem	Valor
Personas	100
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	320
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	08:00-18:00

Fuente: Elaboración propia.

Las materialidades utilizadas en la simulación, tanto de la línea base como de la situación mejorada (PDA Coyhaique) son mostradas a continuación.

Tabla 28. Construcción de la envolvente térmica – Polideportivo de Puerto Aysén.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Hormigón armado	500	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Fibrocemento	8	Poliestireno expandido	50	Poliuretano	80
Vidrio	6					Plancha de Zinc	0,6
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Hormigón armado	12	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Fibrocemento	16	Poliestireno expandido	50	Poliuretano	100
Vidrio	6	Poliestireno expandido	90			Plancha de Zinc	0,6

Fuente: Elaboración propia.

La mejora constructiva se resume en la aplicación de materiales aislantes tanto en techo, como en muros. Lo anterior da como resultados las transmitancias térmicas siguientes.

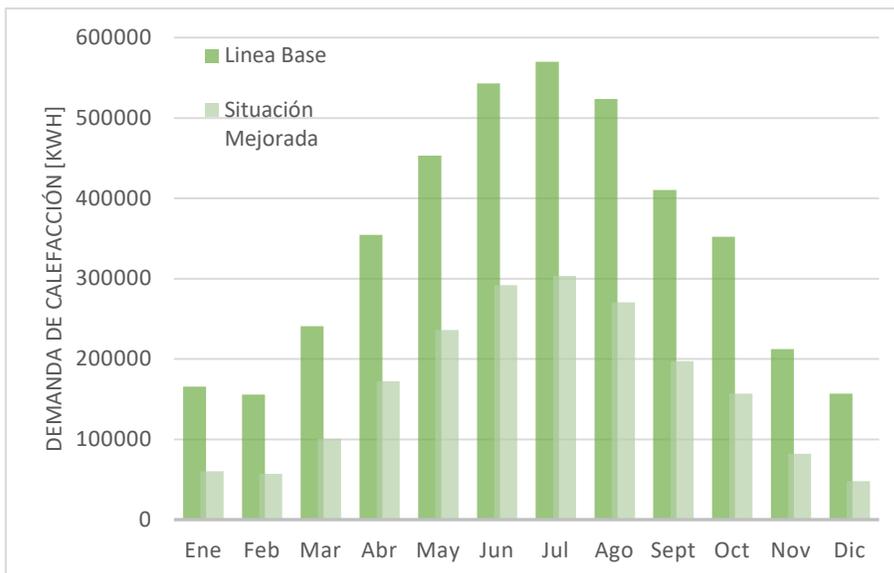
Tabla 29. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Polideportivo de Puerto Aysén.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	1,232	0,307
Techo	0,294	0,237
Ventanas	2,685	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

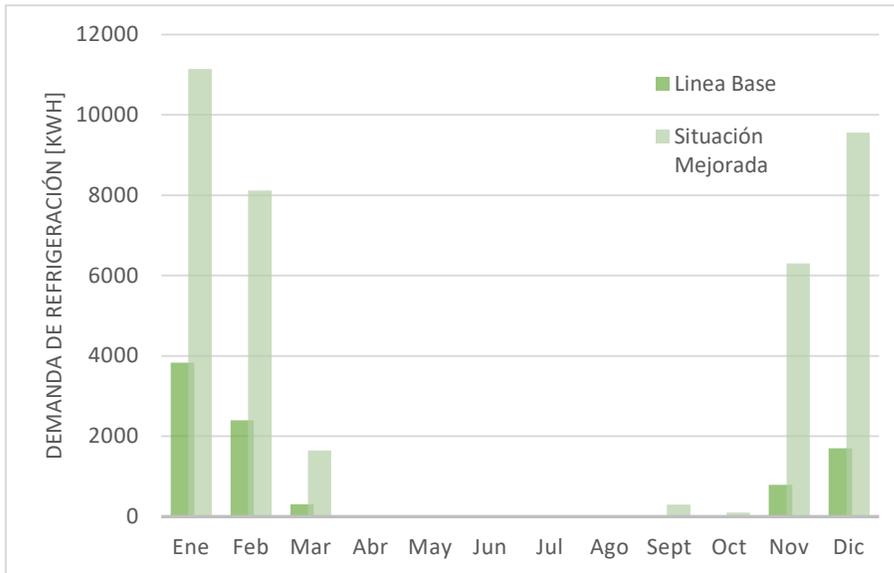
Los resultados obtenidos de la simulación del polideportivo, reflejados en los perfiles anuales de demanda de energía de calefacción y refrigeración, son presentados a continuación.

Figura 21. Perfil de demanda anual de calefacción – Polideportivo de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Perfil de demanda anual de refrigeración – Polideportivo de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

El resumen de los resultados obtenidos se condensa en la siguiente tabla, en donde se muestra la comparación de los valores totales de demanda de energía térmica en el periodo de un año, en ambos escenarios de simulación.

Tabla 30. Resumen de la demanda térmica – Polideportivo de Puerto Aysén.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	4146,8	1050,4	2012,5	509,8	51%

Fuente: Elaboración propia.

Escuela Ribera Sur

La Escuela Ribera Sur, establecimiento educacional básico, se encuentra ubicado en la calle Ciro Arredondo N°521, en la zona al sur del río Aysén. Su latitud es de -45,4135°, y su longitud de -72,6870°. La fachada norte tiene una desviación de 3° con respecto al eje norte real.

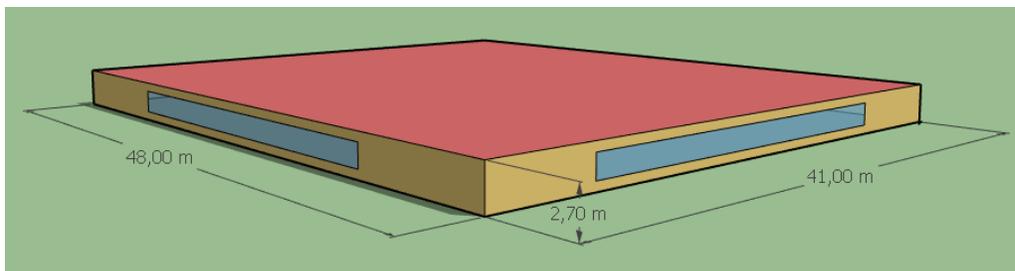
Figura 23. Ubicación del edificio en el plano urbano – Escuela Ribera Sur.



Fuente: Google Earth.

Al igual que en las edificaciones anteriores, se utiliza un modelo térmico monozona para simular el comportamiento térmico de la escuela. La superficie utilizada por este edificio es de 1967 [m²].

Figura 24. Modelo térmico monozona – Escuela Ribera Sur.



Fuente: Elaboración propia.

Las cargas internas, datos de termostato, infiltraciones y ventilación, utilizadas para llevar a cabo la simulación de este edificio, se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 31. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Escuela Ribera Sur.

Ítem	Valor
Personas	328
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	120
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

La construcción de la envolvente térmica de la escuela, para ambos escenarios de simulación es la siguiente.

Tabla 32. Construcción de la envolvente térmica – Escuela Ribera Sur.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Plancha de Zinc	0,6	Radier de hormigón	180	Plancha de Zinc	0,6
		Poliestireno expandido	50	Poliestireno expandido	50	Poliestireno expandido	50
		Fibrocemento	6			Tableraje de madera	19
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Plancha de Zinc	0,6	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Poliestireno expandido	80	Poliestireno expandido	50	Poliestireno expandido	150
Vidrio	6	Fibrocemento	12			Tableraje de madera	25

Fuente: Elaboración propia.

El mejoramiento térmico viene de la mano con una mejora constructiva, en las ventanas, con la utilización de doble vidrio hermético, y aumento en los espesores de la aislación en muros y techo. Las transmitancias térmicas resultantes se muestran a continuación.

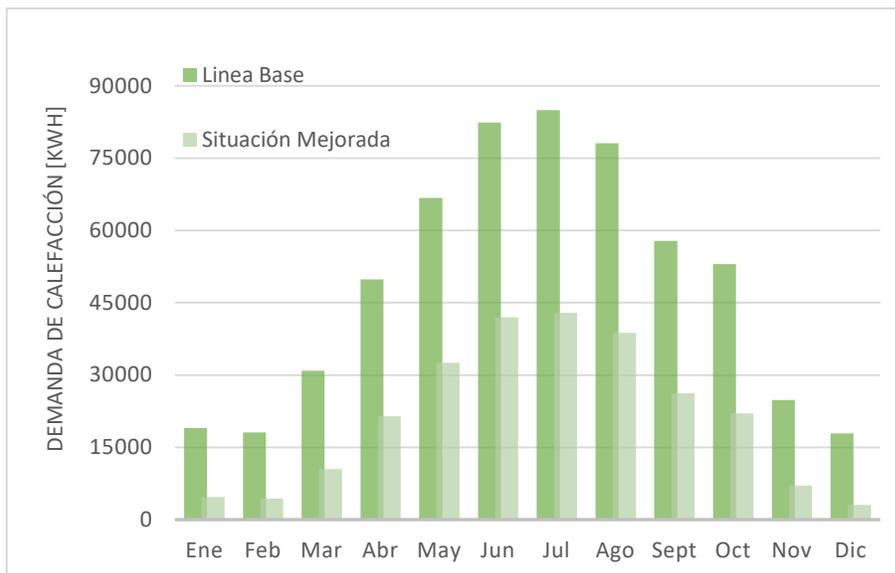
Tabla 33. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Escuela Ribera Sur.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	0,633	0,343
Techo	0,707	0,245
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia

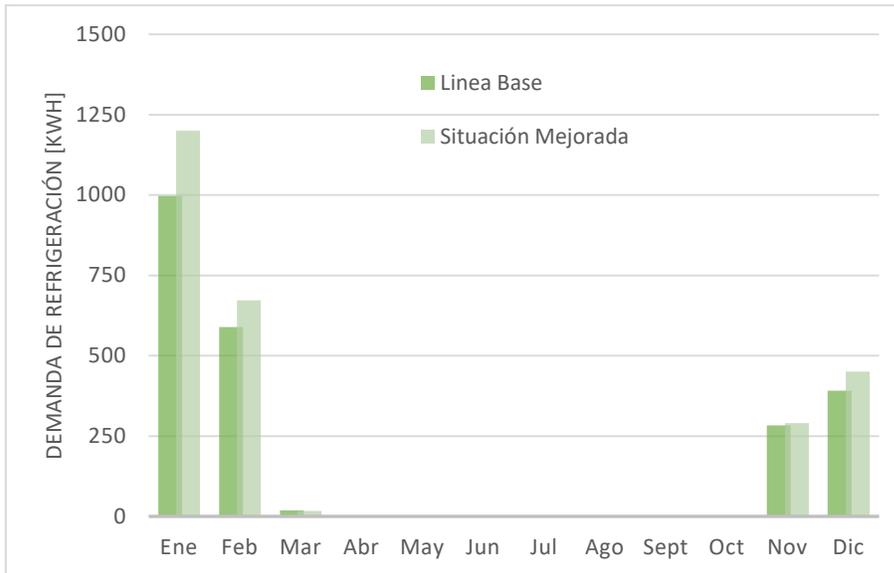
Con los antecedentes expuestos anteriormente, los resultados de la simulación se presentan a continuación, con los perfiles de demanda anual de calefacción y refrigeración respectivamente.

Figura 25. Perfil de demanda anual de calefacción – Escuela Ribera Sur.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Perfil de demanda anual de refrigeración – Escuela Ribera Sur.



Finalmente, el resumen de las demandas anuales de energía térmica para la Escuela Ribera Sur, para ambos casos de simulación es el siguiente.

Tabla 34. Resumen de la demanda térmica – Escuela Ribera Sur.

	Línea Base		Situación Mejorada		Ahorro
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	
Demanda anual	585,9	297,7	258,1	131,1	56%

Fuente: Elaboración propia.

Escuela Gabriela Mistral

Este establecimiento educacional, ubicado en la zona norte de Puerto Aysén, precisamente en la calle Manuel Rodríguez N°1021, tiene una latitud de -45,3952°, y una longitud -72,6879°. Su fachada norte tiene una desviación de 32° hacia el poniente, con respecto al eje norte real.

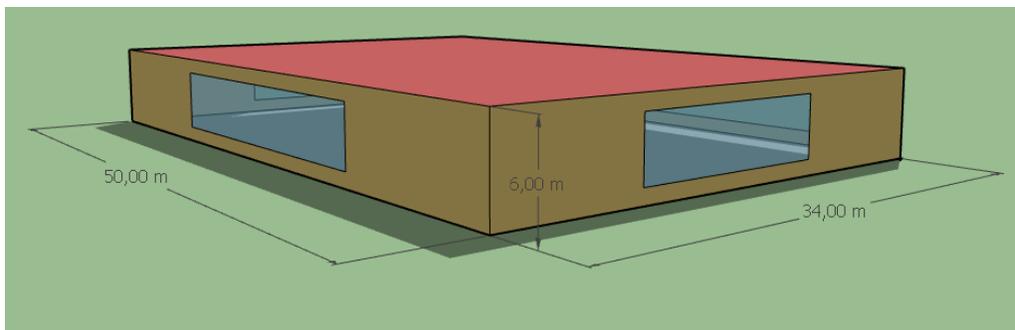
Figura 27. Ubicación del edificio en el plano urbano.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura inferior se presenta el modelo térmico utilizado para el análisis del comportamiento energético de la edificación. La superficie utilizada por este edificio es de 1700 [m²].

Figura 28. Modelo térmico monozona – Escuela Gabriela Mistral.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los antecedentes de cargas térmicas internas, infiltraciones y ventilación utilizados en la simulación.

Tabla 35. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilaciones – Escuela Gabriela Mistral.

Ítem	Valor
Personas	500
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	120
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

La construcción de la envolvente térmica en la escuela Gabriela Mistral, comparando ambos escenarios de simulación (línea base v/s situación mejorada) se presenta a continuación.

Tabla 36. Construcción de la envolvente térmica – Escuela Gabriela Mistral.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Fibrocemento	6	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
		Lana mineral	50	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
		Hormigón armado	200			Lana mineral	160
						Plancha de yesocartón	15
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Fibrocemento	12	Radier de hormigón	200	Plancha de Zinc	0,6
Aire	12	Lana mineral	50	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
Vidrio	6	Hormigón armado	200			Lana mineral	160
						Plancha de yesocartón	15

Fuente: Elaboración propia.

Para poder lograr los estándares térmicos del PDA de Coyhaique se hace uso de soluciones constructivas en ventanas y muros principalmente. Las transmitancias térmicas resultantes son las siguientes.

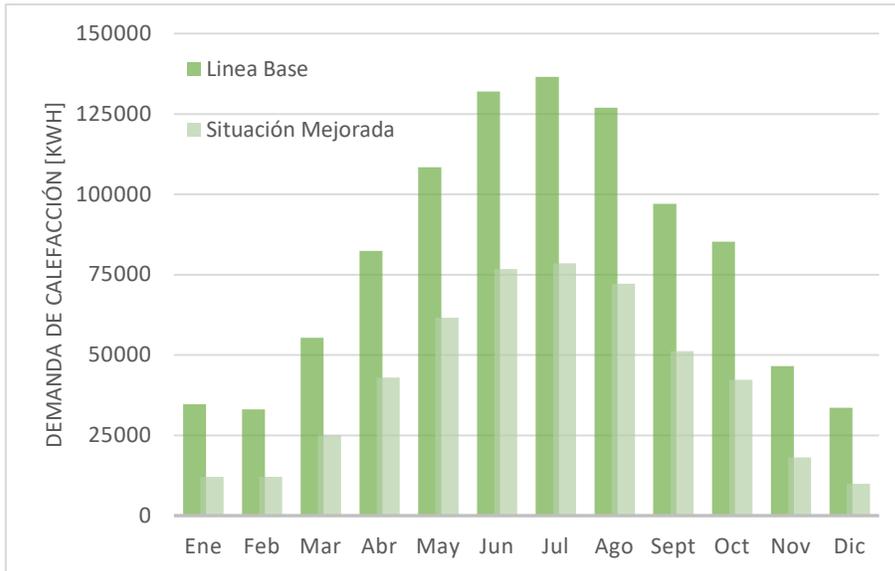
Tabla 37. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Escuela Gabriela Mistral.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	0,519	0,303
Techo	0,207	0,207
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

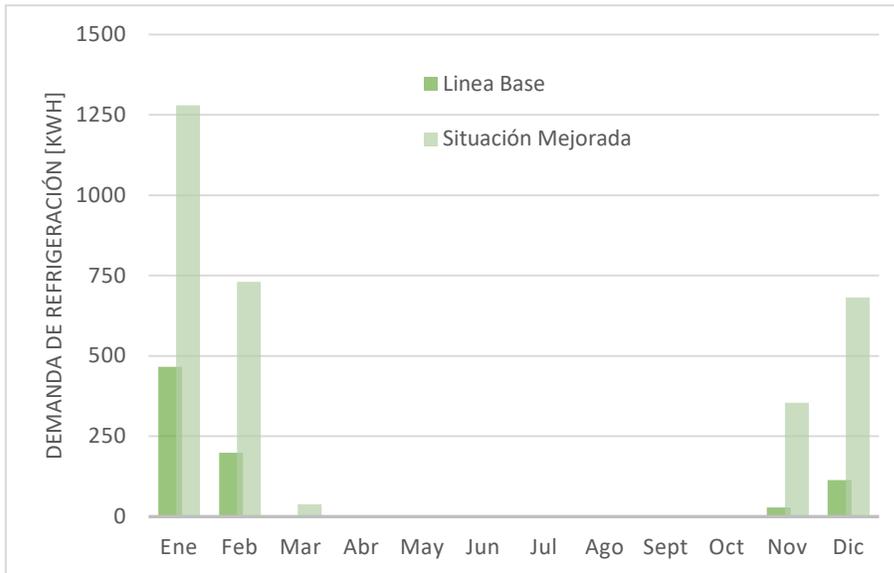
Por último, los resultados obtenidos de los perfiles anuales de demanda, tanto para calefacción como para refrigeración se muestran en los gráficos presentados a continuación.

Figura 29. Perfil de demanda anual de calefacción – Escuela Gabriela Mistral.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Perfil de demanda anual de refrigeración – Escuela Gabriela Mistral.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se resumen las demandas anuales por conceptos de energía térmica, para la situación de línea base y la situación mejorada.

Tabla 38. Resumen de demanda térmica – Escuela Gabriela Mistral.

	Línea Base		Situación Mejorada		Ahorro
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	
Demanda anual	972,3	579,5	505,6	301,3	48%

Fuente: Elaboración propia.

Gobernación Provincial

Este edificio de carácter administrativo se encuentra justo frente a la plaza de la ciudad, en la calle Esmeralda 810. Su latitud es -45,4059°, y su longitud -72,6978°. Su fachada tiene una desviación de 32° hacia el poniente, con respecto al eje norte real.

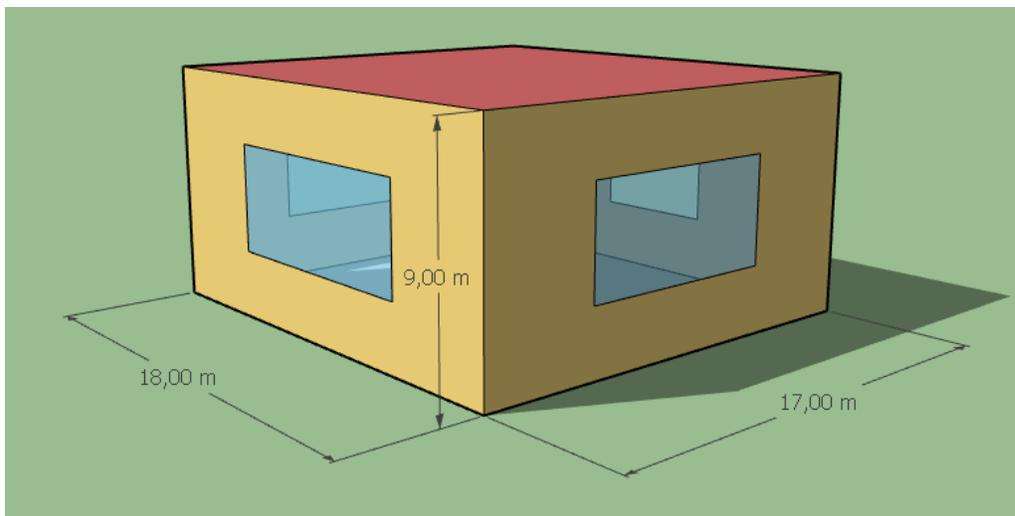
Figura 31. Ubicación del edificio en el plano urbano – Gobernación Provincial.



Fuente: Google Earth

Para la simulación se hace uso de un modelo térmico monozona, el cual es mostrado a continuación. La superficie basal ocupada por este recinto es de 306 [m²].

Figura 32. Modelo térmico monozona – Gobernación Provincial.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla inferior, se presentan los antecedentes de cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación, utilizados para la simulación del edificio de la gobernación provincial.

Tabla 39. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Gobernación Provincial.

Ítem	Valor
Personas	70
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	65
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	2,5
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

La construcción de la envolvente térmica del edificio, establecida para los dos casos en que simula, se muestra en la tabla presentada en la parte inferior.

Tabla 40. Construcción de la envolvente térmica – Gobernación Provincial.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Bloque de concreto	200	Radier de hormigón	180	Teja cerámica	12
				Poliestireno expandido	50	Tableraje de madera	19
						Plancha de yesocartón	15
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Bloque de concreto	200	Radier de hormigón	200	Teja cerámica	12
Aire	12	Poliestireno expandido	80	Poliestireno expandido	50	Tableraje de madera	19
Vidrio	6	Fibrocemento	6			Plancha de yesocartón	15
						Poliestireno expandido	160

Fuente: Elaboración propia

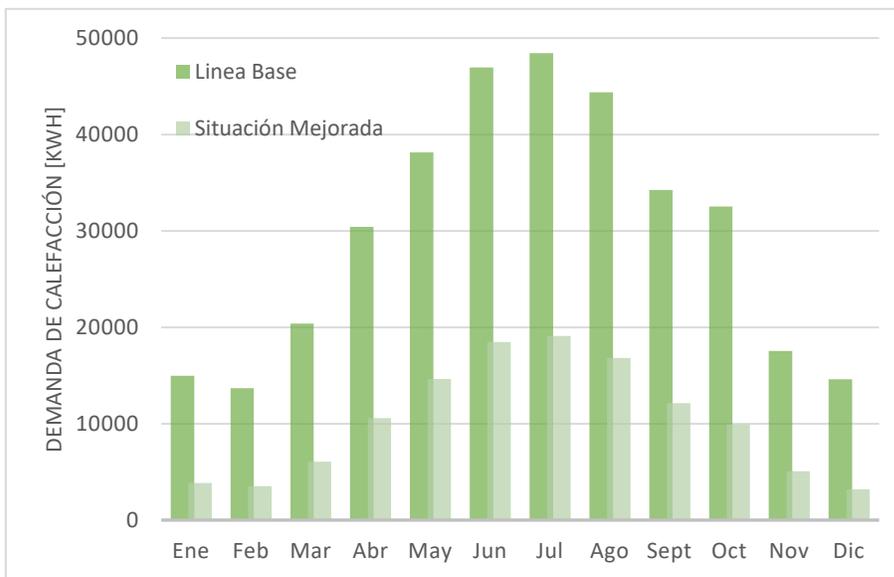
Para lograr los niveles de transmitancia establecidos en el PDA de Coyhaique, se realizan mejoras en ventanas, muros y techos, tal como se muestran en la tabla anterior. Con estas mejoras, las transmitancias quedan como se muestran a continuación.

Tabla 41. Transmitancias térmicas de los elementos constructivos – Gobernación Provincial

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	1,876	0,336
Techo	2,879	0,246
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

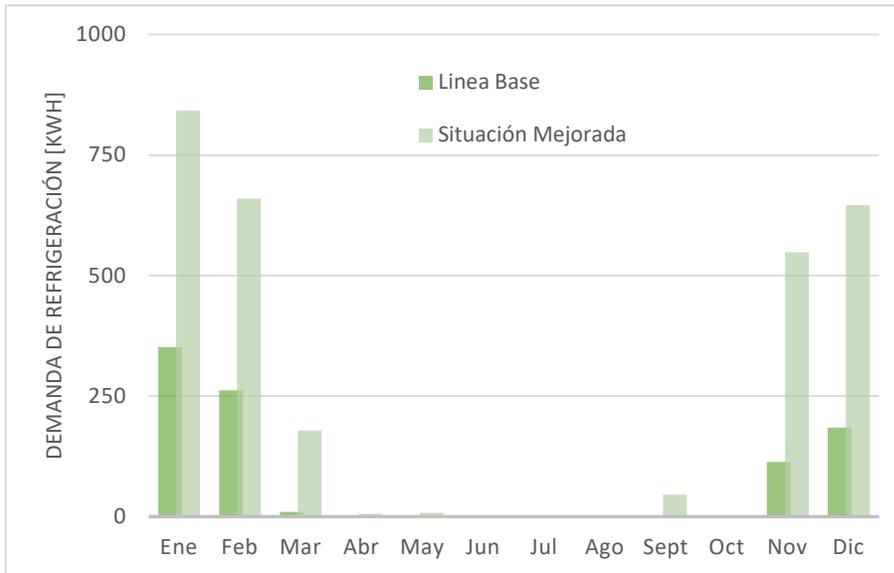
Finalmente, los resultados se presentan resumidos en los perfiles de demanda anual de calefacción y refrigeración para cada caso de simulación.

Figura 33. Perfil de demanda anual de calefacción – Gobernación Provincial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Perfil de demanda anual de refrigeración – Gobernación Provincial.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, el resumen de las demandas anuales, para ambos escenarios se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 42. Resumen de la demanda térmica – Gobernación Provincial.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	357,2	1167,4	126,3	412,8	65%

Fuente: Elaboración propia.

Municipalidad de Puerto Aysén

Este edificio, de carácter administrativo, al igual que la gobernación provincial, se encuentra ubicado muy cercano a este antes mencionado, en la calle Esmeralda N°607. La latitud es -45,4064°, y su longitud -72,6986°. Su fachada norte tiene una desviación de 32° en dirección poniente, con respecto al eje norte real.

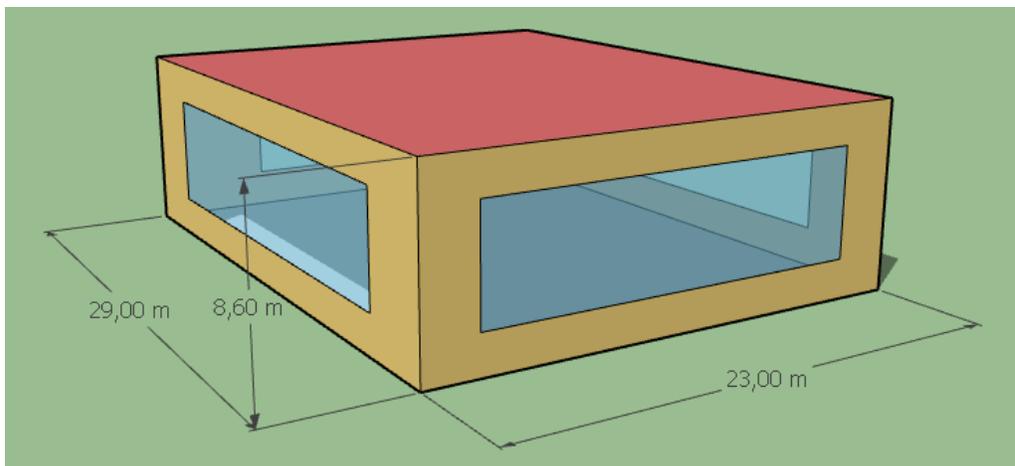
Figura 35. Ubicación del edificio en el plano urbano – Municipalidad de Puerto Aysén.



Fuente: Google Earth.

En la figura presentada en la parte inferior se muestra el modelo térmico monozona utilizado en la simulación del edificio municipal.

Figura 36. Modelo térmico monozona – Municipalidad de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

Las cargas internas, valores de termostato, infiltraciones y ventilación, utilizados para llevar a cabo la simulación del edificio de la municipalidad de Puerto Aysén.

Tabla 43. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Municipalidad de Puerto Aysén

Ítem	Valor
Personas	74
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	65
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	2,5
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia

La construcción del edificio, por cada elemento constructivo, se muestra en la tabla debajo, donde se comparan ambos casos de simulación.

Tabla 44. Construcción de la envolvente térmica – Municipalidad de Puerto Aysén.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	180	Plancha de zinc	0,6
		Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Tableraje de madera	19
		Mortero (estuco)	25			Plancha de yesocartón	15
						Poliestireno expandido	50
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	200	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Tableraje de madera	19
Vidrio	6	Poliestireno expandido	80			Plancha de yesocartón	30
		Mortero (estuco)	25			Poliestireno expandido	160

Fuente: Elaboración propia.

Como puede notarse, para establecer las mejoras en la aislación térmica, se realizan mejoras en ventanas, muros y techo, logrando así los estándares del PDA de Coyhaique. En la tabla a continuación, se muestran los valores resultantes de las transmitancias térmicas.

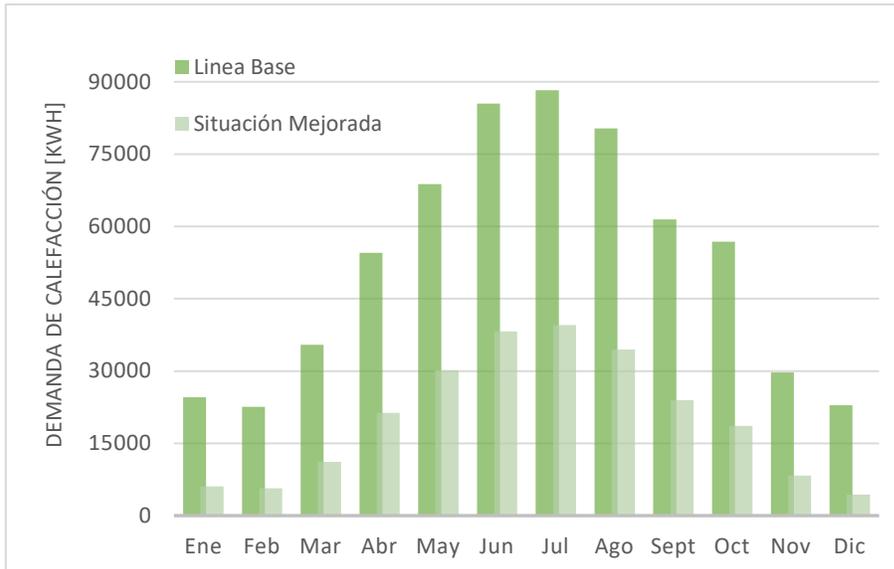
Tabla 45. Transmitancia térmica de los elementos constructivos - Municipalidad de Puerto Aysén.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	2,925	0,349
Techo	0,666	0,241
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

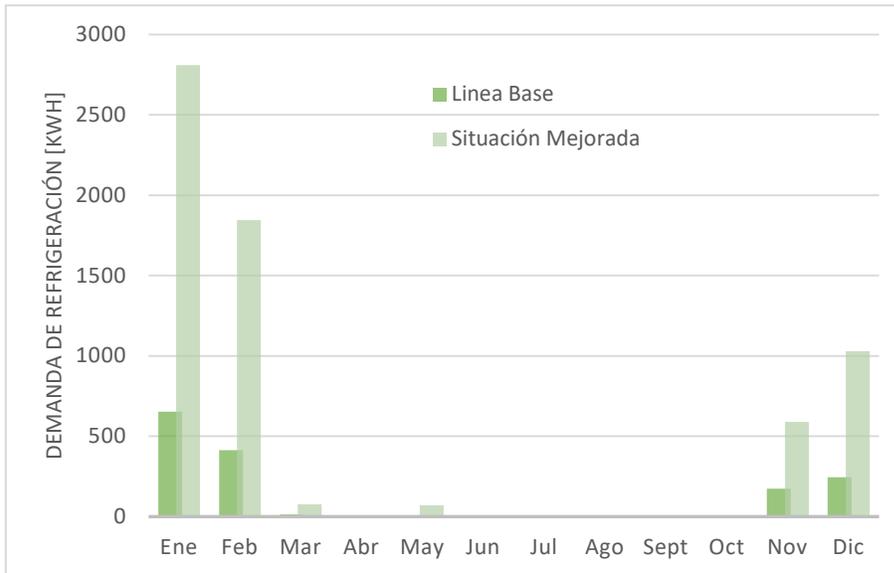
Los perfiles de demanda anual resultantes, para la calefacción y refrigeración del edificio, se presentan a continuación.

Figura 37. Perfil de demanda anual de calefacción – Municipalidad de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Perfil de demanda anual de refrigeración – Municipalidad de Puerto Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, las demandas anuales de energía térmica, de calefacción y refrigeración para el edificio municipal, se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 46. Resumen de demanda térmica – Municipalidad de Puerto Aysén.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	632,2	947,9	250,8	376,0	60%

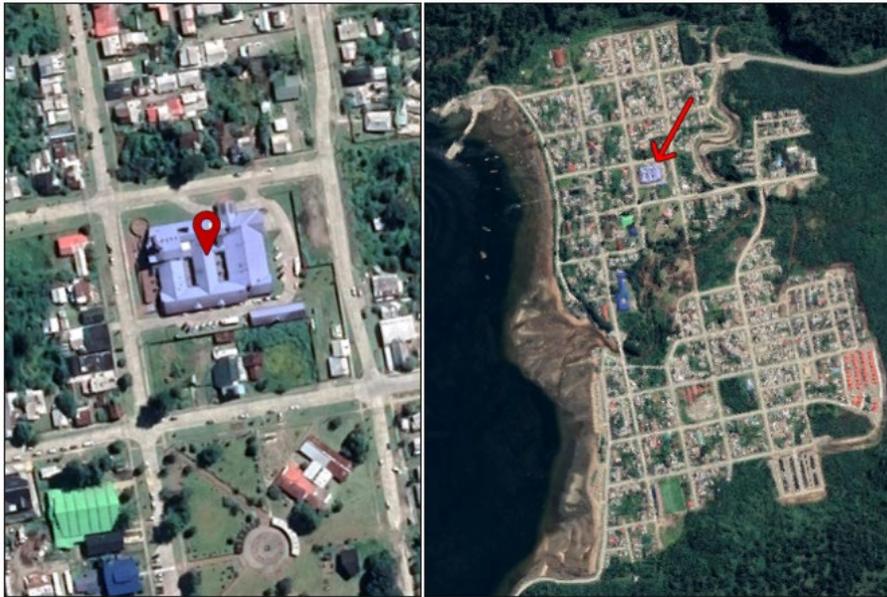
Fuente: Elaboración propia.

Simulación de edificaciones de Puerto Cisnes

Hospital de Puerto Cisnes

Este hospital se encuentra ubicado en el centro de la comuna, en la dirección Pedro Aguirre Cerda 114. Su latitud es de -44.7261°, y su longitud de -72.6808°, la fachada norte tiene una orientación de 5° hacia el poniente con respecto al norte.

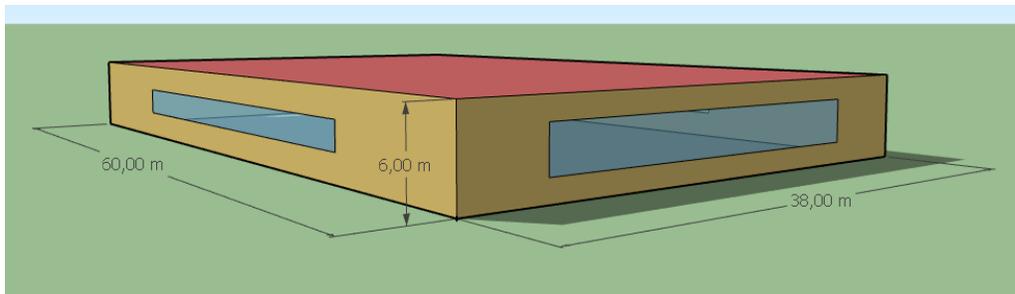
Figura 39. Ubicación espacial del edificio en el plano urbano – Hospital de Puerto Aysén.



Fuente: Google Earth.

A partir de la planimetría del edificio, se construye el modelo térmico, respetando las superficies y el volumen de aire al interior, siguiendo el mismo proceso que se utilizó para el anterior hospital. El área a acondicionar es de 2280 [m²].

Figura 40. Modelo térmico monozona – Hospital de Puerto Cisnes



Fuente: Elaboración propia.

El establecimiento de salud de la comuna de Cisnes tiene una ocupación promedio de 200 personas, entre personal de salud, aseo y seguridad. Los valores utilizados para la actividad son los sugeridos según la generación metabólica de energía para una actividad de movimiento moderado. Por otro lado, los valores utilizados para la ventilación e infiltración son los referenciados en el Manual de Hermeticidad al aire de edificaciones.

Tabla 47. Cargas internas y hermeticidad – Hospital de Puerto Cisnes.

Ítem	Valor
Personas	200
Luces [W/m ²]	25
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	6,5
Uso semana	24 hrs
Uso fin de semana	24 hrs

Fuente: Elaboración propia.

La construcción de la envolvente térmica del Hospital de Puerto Cisnes, haciendo la comparación de ambos escenarios de simulación, se muestra en la tabla inferior.

Tabla 48. Construcción de la envolvente térmica – Hospital de Puerto Cisnes.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	160	Plancha de zinc	0,6
		Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Poliuretano	25
		Mortero (estuco)	25			Plancha de yesocartón	15
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	200	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Poliuretano	25
Vidrio	6	Poliestireno expandido	50			Plancha de yesocartón	15
		Lana mineral	100			Poliestireno expandido	120
		Mortero (estuco)	25				

Fuente: Elaboración propia.

Las mejoras constructivas para lograr los estándares PDA se aprecian en ventanas, muros y techo. Con los materiales anteriores, las transmitancias térmicas quedan tal como se muestra en la tabla a continuación.

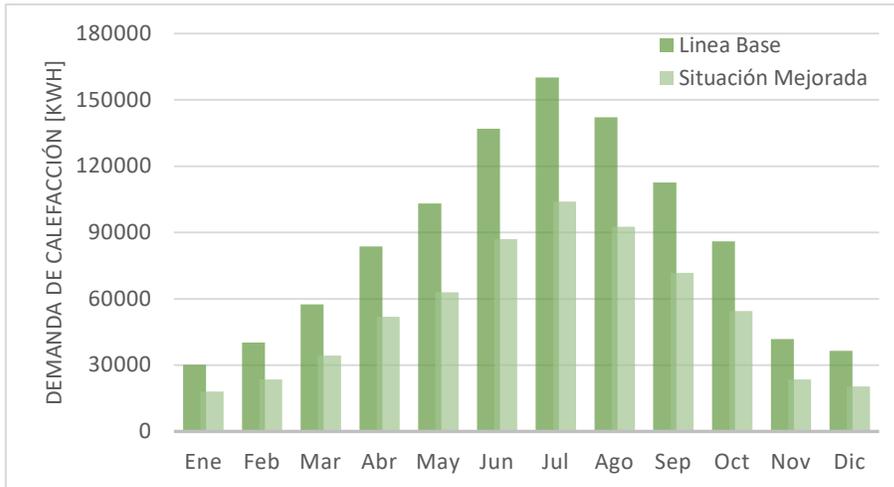
Tabla 49. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Hospital de Puerto Cisnes.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	2,925	0,234
Techo	0,803	0,248
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

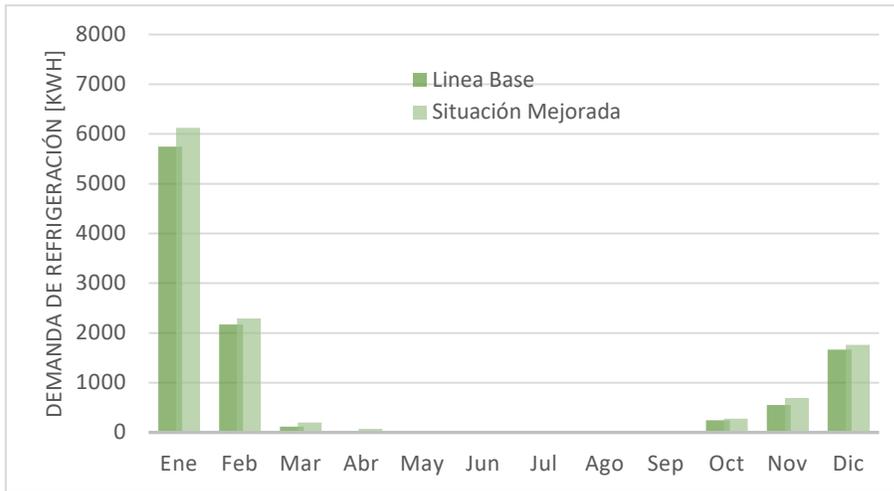
Para el caso del Hospital de Puerto Cisnes, el perfil anual de demanda para calefacción y refrigeración son presentados en los gráficos siguientes.

Figura 41. Perfil de demanda anual de calefacción – Hospital de Puerto Cisnes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Perfil de demanda anual de refrigeración – Hospital de Puerto Cisnes.



Fuente: Elaboración propia.

El resumen de las demandas térmicas anuales en el Hospital de Puerto Cisnes se muestra a continuación.

Tabla 50. Resumen de la demanda térmica – Hospital de Puerto Cisnes.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	1041,4	462,8	655,9	291,5	37%

Fuente: Elaboración propia.

Escuela Guido Gómez

Este establecimiento educacional de la localidad de Cisnes, se encuentra ubicado en la calle Gabriela Mistral N°601. Su latitud es -44,7286°, y su longitud -72,6818°. Su fachada norte tiene una desviación de 16° en dirección hacia el poniente, con respecto al eje norte real.

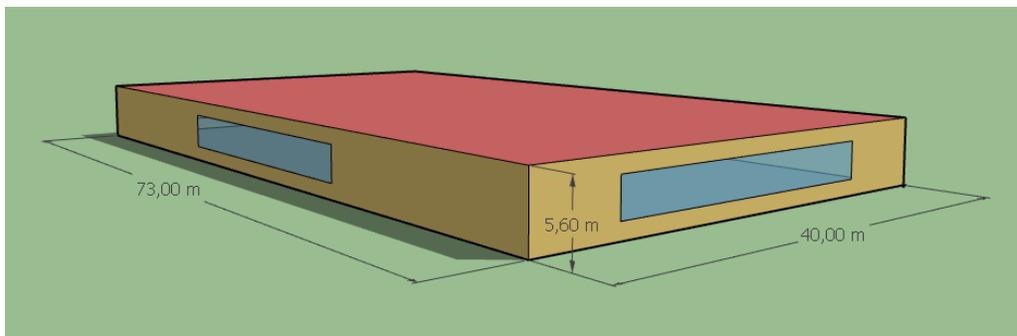
Figura 43. Ubicación del edificio en el plano urbano – Escuela Guido Gómez



Fuente: Google Earth.

La representación del modelo térmico monozona, que es utilizado para la simulación del comportamiento del edificio, es mostrado en la figura a continuación. La superficie utilizada por este establecimiento educacional es de 2920 [m²].

Figura 44. Modelo térmico monozona – Escuela Guido Gómez



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de las cargas internas, el setpoint del termostato, y los niveles de infiltración y ventilación para el modelamiento del edificio, se muestran en la tabla inferior.

Tabla 51. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Escuela Guido Gómez.

Ítem	Valor
Personas	490
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales de construcción utilizados en la simulación, para ambos casos (línea base y situación mejorada) son presentados a continuación.

Tabla 52. Construcción de la envolvente térmica – Escuela Guido Gómez

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	150	Plancha de zinc	0,6
		Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
		Mortero (estuco)	25			Tableraje de madera	19
						Lana mineral	160
						Fibrocemento	10
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	150	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Hormigón armado	200	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
Vidrio	6	Lana mineral	100			Tableraje de madera	19
		Mortero (estuco)	25			Lana mineral	160
						Fibrocemento	10

Fuente: Elaboración propia.

Con la situación constructiva mostrada anteriormente, los valores de la transmitancia térmica por cada elemento son los siguientes.

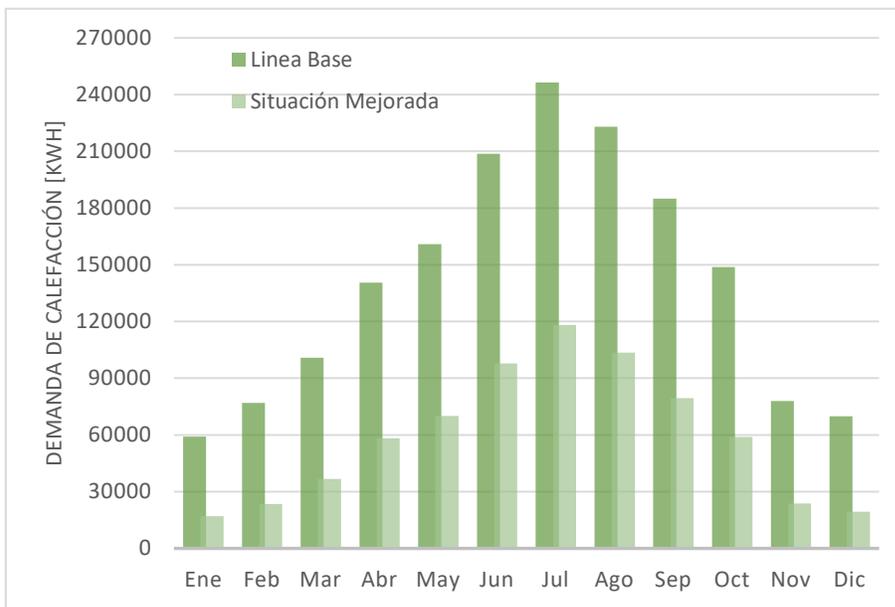
Tabla 53. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Escuela Guido Gómez.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	2,153	0,308
Techo	0,189	0,189
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

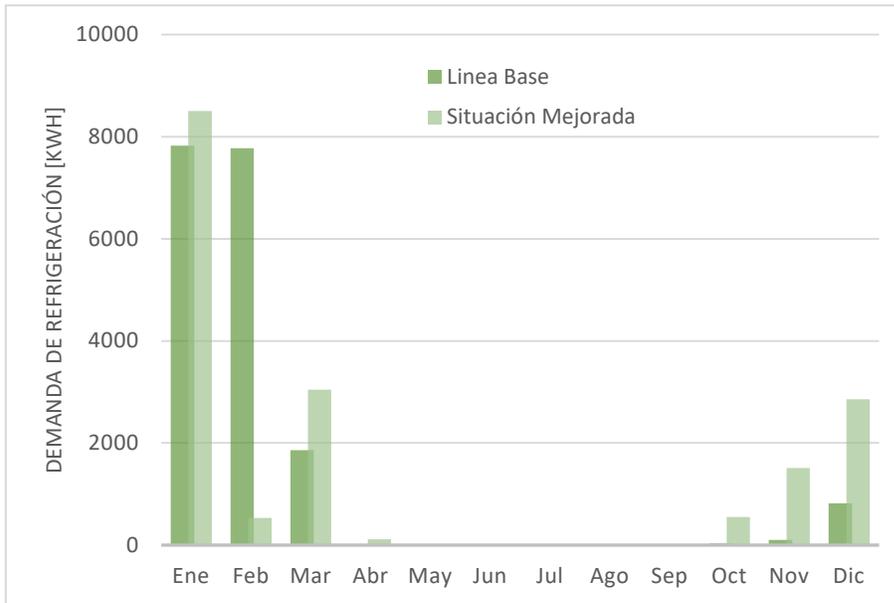
Con todos los antecedentes presentados anteriormente, los resultados de la simulación, reflejados en perfiles anuales de demanda de energía térmica, son los que se muestran a continuación.

Figura 45. Perfil de demanda anual de calefacción – Escuela Guido Gómez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Perfil de demanda anual de refrigeración – Escuela Guido Gómez.



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, las demandas térmicas de la escuela Guido Gómez se muestran en la tabla comparativa a continuación.

Tabla 54. Resumen de la demanda térmica – Escuela Guido Gómez.

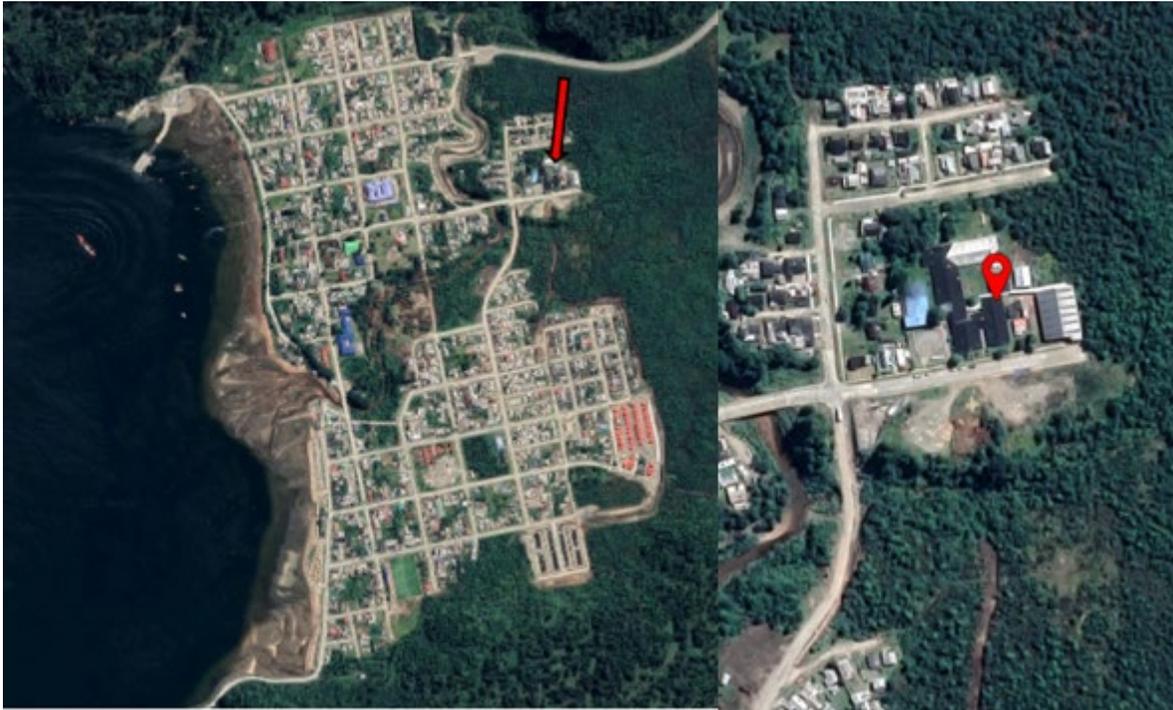
	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	1716,8	587,9	724,1	248,0	58%

Fuente: Elaboración propia.

Liceo Arturo Prat

Este establecimiento educacional, ubicado en la localidad de Cisnes en la dirección Jose María Caro N°455. Su latitud es -44,7258°, su longitud -72,6757°. Su fachada norte tiene una desviación de 16° en dirección poniente, con respecto al eje norte real.

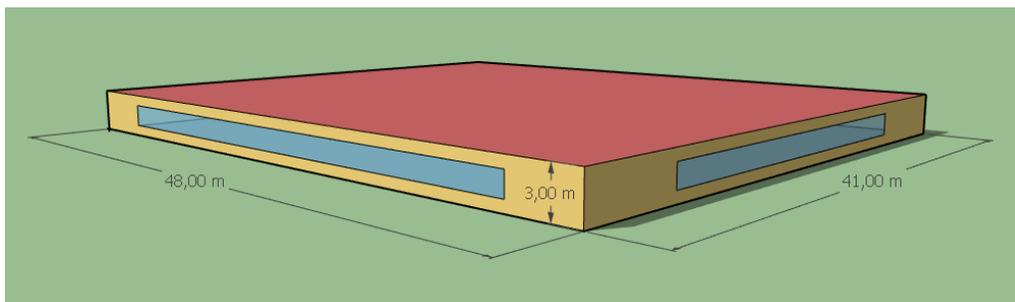
Figura 47. Ubicación del edificio en el plano urbano – Liceo Arturo Prat.



Fuente: Google Earth.

En la figura inferior se muestra una representación del modelo térmico monozona utilizado para la simulación energética del edificio del Liceo Arturo Prat. La superficie basal que contempla este edificio es de 1968 [m²].

Figura 48. Modelo térmico monozona – Liceo Arturo Prat.



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en la tabla mostrada debajo, se presentan los valores de cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación del edificio.

Tabla 55. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Liceo Arturo Prat.

Ítem	Valor
Personas	330
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la construcción de la envolvente térmica del edificio en ambos casos de simulación es la siguiente.

Tabla 56. Construcción de la envolvente térmica – Liceo Arturo Prat.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Madera	19	Radier de hormigón	150	Plancha de zinc	0,6
		Poliestireno expandido	50	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
		Madera	19			Tableraje de madera	19
						Lana mineral	160
						Fibrocemento	10
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio	6	Madera	19	Radier de hormigón	150	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Poliestireno expandido	100	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	15
Vidrio	6	Madera	19			Tableraje de madera	19
						Lana mineral	160
						Fibrocemento	10

Fuente: Elaboración propia.

Con las mejoras utilizadas anteriormente, los valores de la transmitancia térmica de los elementos constructivos se presentan en la tabla a continuación.

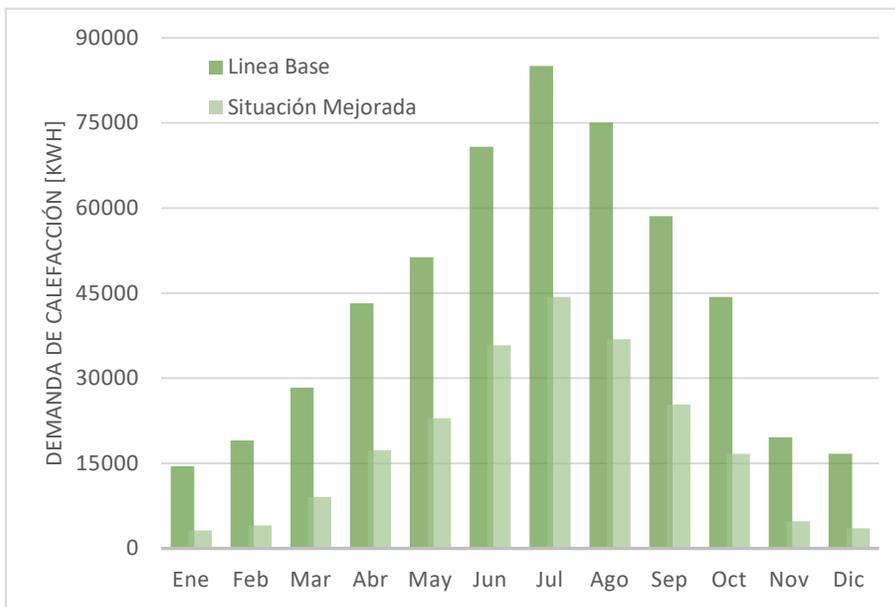
Tabla 57. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Liceo Arturo Prat.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	0,649	0,350
Techo	0,189	0,189
Ventanas	5,778	2,685
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

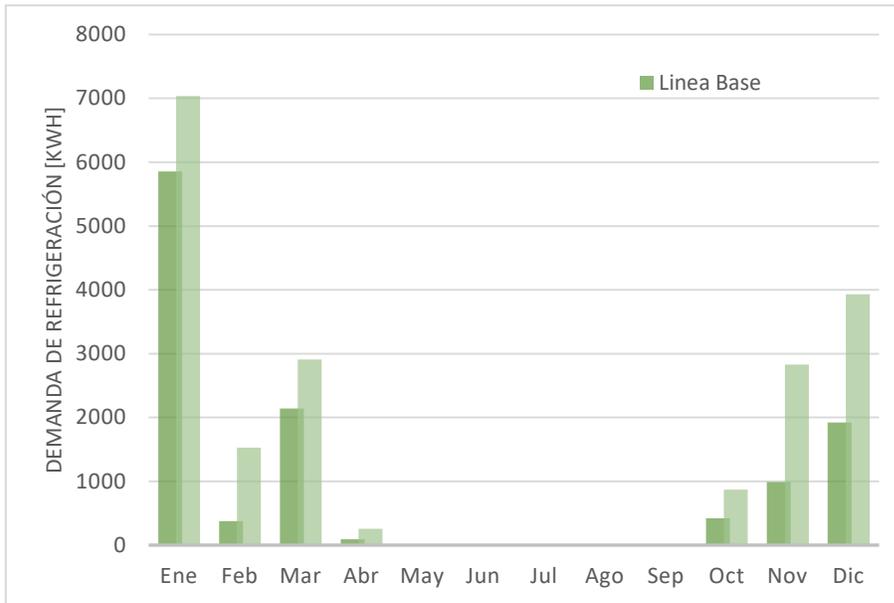
Los resultados de la simulación energética se muestran en los perfiles de demanda de calefacción y refrigeración siguientes.

Figura 49. Perfil de demanda anual de calefacción – Liceo Arturo Prat.



Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Perfil de demanda anual de refrigeración – Liceo Arturo Prat.



Fuente: Elaboración propia.

La tabla resumen siguiente, muestra los valores de la demanda térmica en un año, comparando ambos escenarios de simulación.

Tabla 58. Resumen de la demanda térmica – Liceo Arturo Prat.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	538,3	273,5	243,3	123,7	55%

Fuente: Elaboración propia

Simulación de edificaciones de Chile Chico

Hospital de Chile Chico

Este hospital se encuentra ubicado en el centro de la comuna, en la dirección Lautaro 275. Su latitud es de $-46,5416^\circ$, y su longitud de -71.7247° ; su fachada norte tiene una orientación de 21° hacia el oriente con respecto al norte.

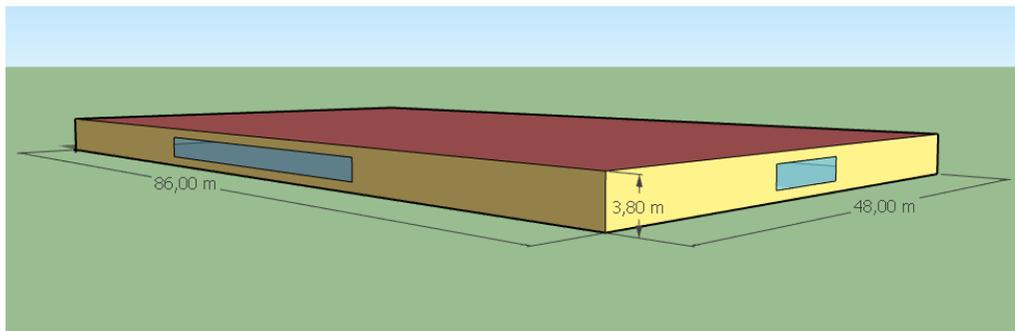
Figura 51. Ubicación espacial del edificio en el plano urbano – Hospital de Chile Chico.



Fuente: Google Earth

Al igual que en los modelos presentado anteriormente, las dimensiones equivalentes se obtienen a partir de la información de la planimetría y de las superficies útiles del edificio. En la siguiente figura se puede apreciar la representación de este modelo. La superficie utilizada es de 3096 [m²].

Figura 52. Modelo térmico monozona – Hospital de Chile Chico.



Fuente: Elaboración propia.

El edificio cuenta con una ocupación promedio de 180 personas, considerando los valores de generación metabólica promedio de una actividad hospitalaria. Al igual que los edificios anteriores, los valores de infiltración y ventilación son los sugeridos según la zona térmica en donde se ubican estos establecimientos asistenciales.

Tabla 59. Cargas internas y hermeticidad – Hospital de Chile Chico.

Ítem	Valor
Personas	180
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	6,5
Uso semana	24 hrs
Uso fin de semana	24 hrs

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, como se trata de una construcción nueva, esta cumple con los estándares de envolvente térmica exigidos por el PDA Coyhaique en muros y ventanas, no así en el techo, además cabe destacar que es una construcción liviana, ya que solamente considera hormigones en las fundaciones, siendo muros y techo de tabiquería metálica.

Tabla 60. Construcción de la envolvente térmica – Hospital de Chile Chico.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio LoE	6	Plancha acero galvanizado	0,6	Radier de hormigón	180	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Poliestireno expandido	150	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	11
Vidrio	6	Fibrocemento	15			Poliestireno expandido	100
		Lana mineral	150			Plancha de yesocartón	10
		Plancha de yesocartón	15				
SITUACIÓN MEJORADA							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio LoE	6	Plancha acero galvanizado	0,6	Radier de hormigón	150	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Poliestireno expandido	150	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	11
Vidrio	6	Fibrocemento	15			Poliestireno expandido	180
		Lana mineral	150			Plancha de yesocartón	10
		Plancha de yesocartón	15				

Fuente: Elaboración propia.

Con lo mostrado anteriormente, las transmitancias térmicas para los elementos del edificio son los mostrados en la tabla a continuación.

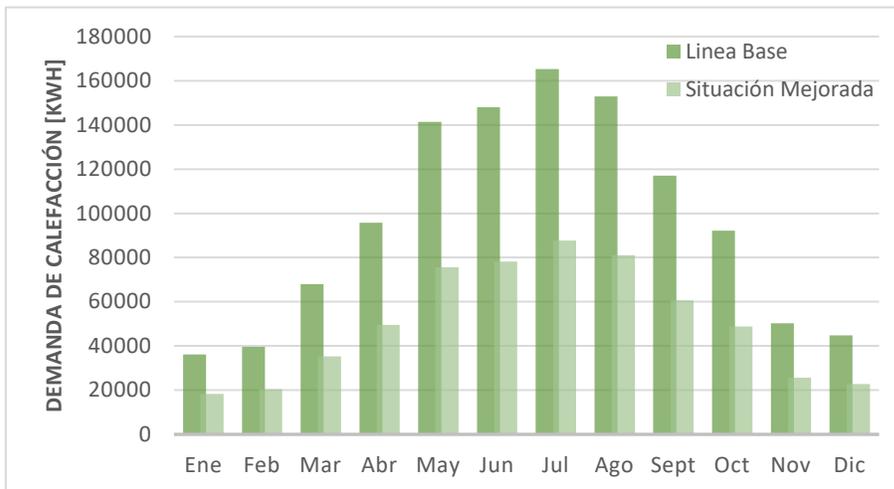
Tabla 61. Transmitancia térmica de los elementos constructivos – Hospital de Chile Chico.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	0,117	0,117
Techo	0,380	0,223
Ventanas	1,771	1,771
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

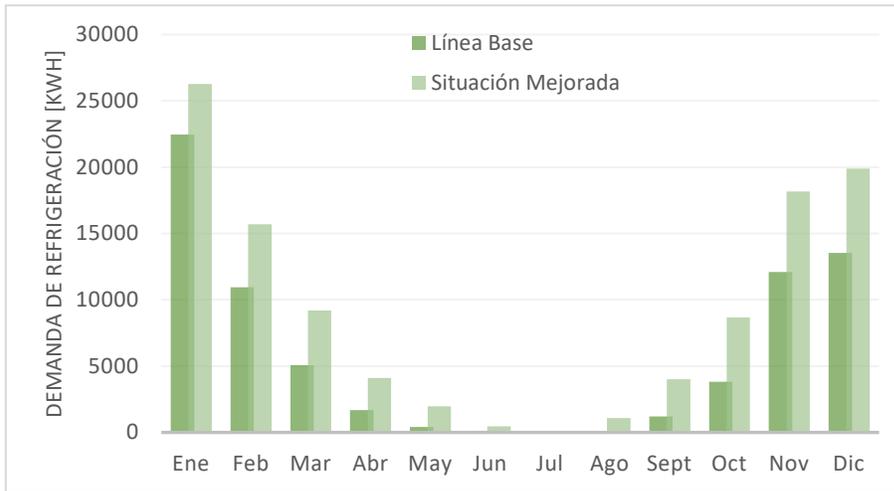
Los perfiles de demanda anual de calefacción y refrigeración obtenidos para el Hospital de Chile Chico, son mostrados en los gráficos a continuación.

Figura 53. Perfil de demanda anual de calefacción – Hospital de Chile Chico.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 54. Perfil de demanda anual de refrigeración – Hospital de Chile Chico.



Fuente: Elaboración propia.

El resumen de la demanda térmica anual del Hospital de Chile Chico, así como también la energía utilizada por unidad de superficies, son mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 62. Resumen de la demanda térmica – Hospital de Chile Chico.

	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Demanda anual	1223,0	296,6	713,8	173,1	42%

Fuente: Elaboración propia.

Complejo educacional Luisa Rabanal Palma

Este establecimiento educacional de la comuna de Chile Chico se encuentra ubicado en la calle O'Higgins N°699. Su latitud es -46,5401°, y su longitud de -71,7218°. Su fachada norte tiene una desviación de 27° en dirección oriente, con respecto al eje norte real.

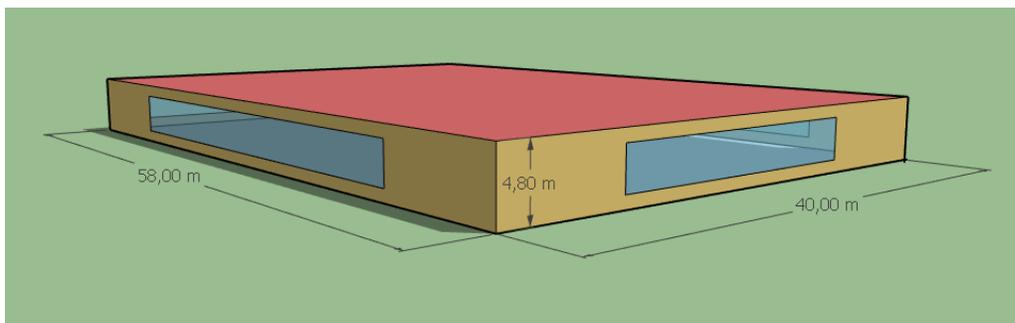
Figura 55. Ubicación del edificio en el plano urbano – Complejo Educativo.



Fuente: Google Earth.

La representación geométrica del modelo térmico monozona utilizado para el estudio del edificio es presentado en la figura inferior. La superficie utilizada por la edificación es de 2320 [m²].

Figura 56. Modelo térmico monozona – Complejo educativo.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la tabla a continuación se presentan los valores utilizados de cargas internas, así como también del setpoint del termostato, infiltraciones y ventilación de la edificación.

Tabla 63. Cargas internas, termostato, infiltraciones y ventilación – Complejo educacional.

Ítem	Valor
Personas	753
Luces [W/m ²]	20
Actividad [W/pers]	216
Termostato set points [°C]	21-24 (calefacción - refrigeración)
Infiltraciones [RAH] (Línea base / situación mejorada)	13,7 / 4
Ventilación [l/s pers]	4,8
Uso semana	08:00-19:00
Uso fin de semana	N/A

Fuente: Elaboración propia.

Las materialidades utilizadas para la simulación del edificio se presentan en la siguiente tabla, donde se pueden apreciar las mejoras realizadas para alcanzar los estándares establecidos en el PDA de Coyhaique referentes a la aislación de los elementos constructivos.

Tabla 64. Construcción de la envolvente térmica – Complejo educacional.

LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio LoE	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	200	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Bloque de concreto	200	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	11
Vidrio	6	Mortero (estuco)	25			Tableraje de madera	19
						Lana mineral	180
						Plancha de yesocartón	10
LÍNEA BASE							
Ventanas		Muros		Piso		Techo	
Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]	Material	Espesor [mm]
Vidrio LoE	6	Mortero (estuco)	25	Radier de hormigón	200	Plancha de zinc	0,6
Aire	12	Bloque de concreto	200	Poliestireno expandido	50	Plancha de OSB	11
Vidrio	6	Lana mineral	180			Tableraje de madera	19
		Mortero (estuco)	25			Lana mineral	180
						Plancha de yesocartón	10

Fuente: Elaboración propia.

Puede notarse que las diferencias más significativas recaen en las mejoras constructivas aplicadas a muros y techo. A continuación, en la tabla debajo se muestran las transmitancias térmicas resultantes del estudio de este edificio.

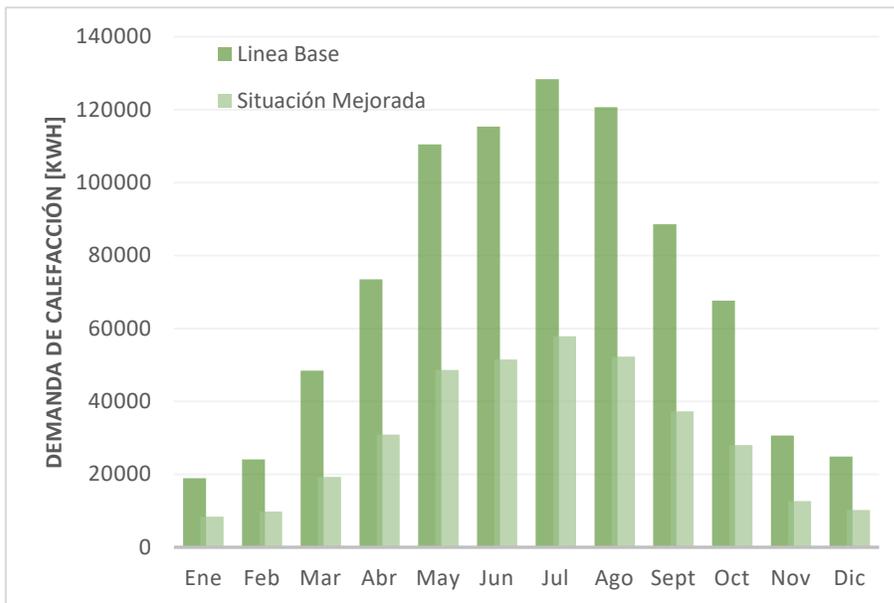
Tabla 65. Transmitancias térmicas de los elementos constructivos – Complejo educacional.

	Factor U - LB [W/m ² -K]	Factor U – SM [W/m ² -K]
Muro	1,660	0,178
Techo	0,185	0,185
Ventanas	1,771	1,771
Piso	Adiabático	Adiabático

Fuente: Elaboración propia.

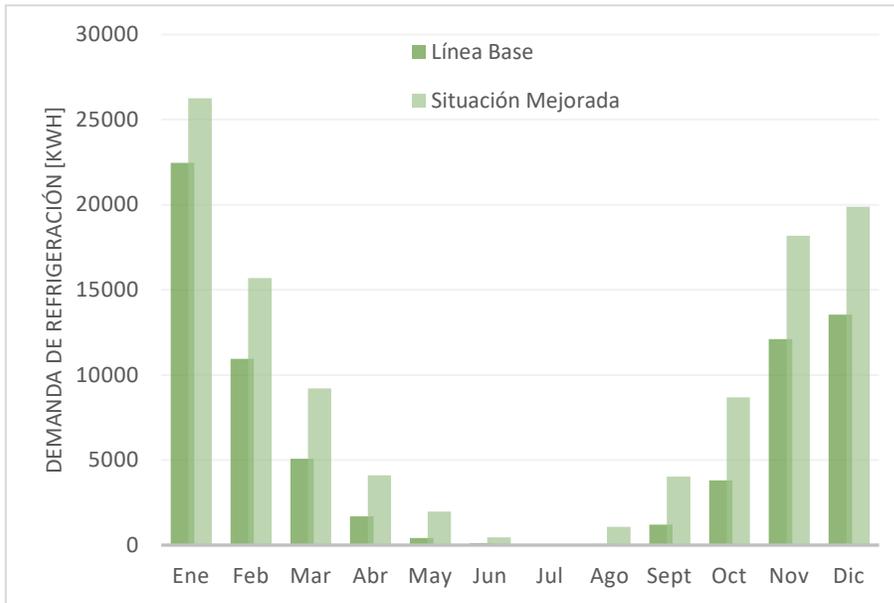
Finalmente, los perfiles anuales de demanda de energía térmica, para los conceptos de calefacción y refrigeración en las instalaciones del complejo educacional Luisa Rabanal Palma, son presentados en los gráficos siguientes.

Figura 57. Perfil de demanda anual de calefacción – Complejo educacional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Perfil de demanda anual de refrigeración – Complejo educacional.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, la tabla resumen mostrado debajo, refleja las demandas de energía térmica haciendo una comparación entre ambas situaciones estudiadas.

Tabla 66. Resumen de la demanda térmica – Complejo educacional.

	Línea Base		Situación Mejorada		Ahorro
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	
Demanda anual	869,6	374,8	411,3	177,3	53%

Fuente: Elaboración propia.

Resumen demanda térmica edificios

A continuación, se presenta una tabla resumen de la demanda de energía térmica de los edificios, en su línea base y situación mejorada:

Tabla 67: Tabla Resumen demanda térmica edificios

Edificio	Línea Base		Situación Mejorada		
	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Energía total [MWh/año]	Energía por área acondicionada [kWh/m ²]	Ahorro
Hospital de Puerto Aysén	1.827,8	626,0	874,6	299,5	52%
Polideportivo de Puerto Aysén	4.146,8	1.050,4	2.012,5	509,8	51%
Escuela Ribera Sur	585,9	297,7	258,1	131,1	56%
Escuela Gabriela Mistral	972,3	579,5	505,6	301,3	48%
Gobernación Provincial	357,2	1.167,4	126,3	412,8	65%
Municipalidad de Puerto Aysén	632,2	947,9	250,8	376,0	60%
Hospital de Puerto Cisnes	1.041,4	462,8	655,9	291,5	37%
Escuela Guido Gómez	1.716,8	587,9	724,1	248,0	58%
Liceo Arturo Prat	538,3	273,5	243,3	123,7	55%
Hospital de Chile Chico	1.223,0	296,6	713,8	173,1	42%
Complejo educacional Luisa Rabanal Palma	869,6	374,8	411,3	177,3	53%
TOTAL	13.911,3		6.876,3		50,6%

Fuente: Elaboración propia.

C) Mapas de calor

Metodología

A continuación, se presenta la metodología que se utiliza para generar los Mapas de Calor en este proyecto. Esta, tiene como característica principal, la mejora al problema de representación del total de edificaciones en una zona de estudio determinada, característico de la metodología “Heat Maps” elaborada por el Ministerio de Energía. Esta problemática se debe, a que se utiliza un proceso de geocodificación de direcciones postales, cuya efectividad es directamente proporcional a la calidad de la base de datos que aporta dichas direcciones, en este caso el detalle catastral de comunas.

Para ofrecer una solución a localidades aisladas y/o pequeñas, en donde la calidad de base de datos disminuye con respecto a centros urbanos de mayor tamaño, se utilizó una metodología que no incluye un proceso de geocodificación de edificaciones, las demandas térmicas de las edificaciones se asocian directamente a una capa de información geográfica de modelo vectorial, ya georreferenciada, de las manzanas de la zona de estudio determinada. Por lo que, la representación de la densidad de demanda térmica es por manzanas.

Además, se presenta un avance importante con respecto a la metodología previamente utilizada por la fundación en proyectos de este tipo, concretamente el “*Estudio de prefactibilidad para proyectos de calefacción distrital en Cochrane*”, debido a que no es necesario, aunque si recomendable, solicitar los planos de Roles SII para la elaboración de los mapas. La fuente principal de datos geoespaciales es un recurso público que se encuentra disponible en el geoportal del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

La metodología se divide en tres etapas principales; la primera etapa consiste en la obtención de la capa de información geográfica de las manzanas, en donde se utiliza el software ArcGIS para importar y/o modificar dicha capa de información.

La segunda etapa corresponde al cálculo de la demanda térmica de las edificaciones, donde se utiliza la base de datos pública “Detalle catastral de comunas”, para la cuantificación y caracterización de estas edificaciones. Esta base, pasa por un proceso de depuración, con el objetivo de obtener una base de datos final que permita fácilmente calcular las demandas de estas edificaciones a través de cálculos de estimación. Para posteriormente, obtener la sumatoria total de las edificaciones de las manzanas.

Finalmente, la tercera y última etapa corresponde a la generación del Mapa de Calor. Donde, se ingresan los datos calculados en la etapa anterior, utilizando el software ArcGIS, con la capa obtenida en la primera etapa. Dentro del ambiente GIS, se calcula el área de las manzanas y luego la densidad de demanda de cada una, generándose así la cartografía final.

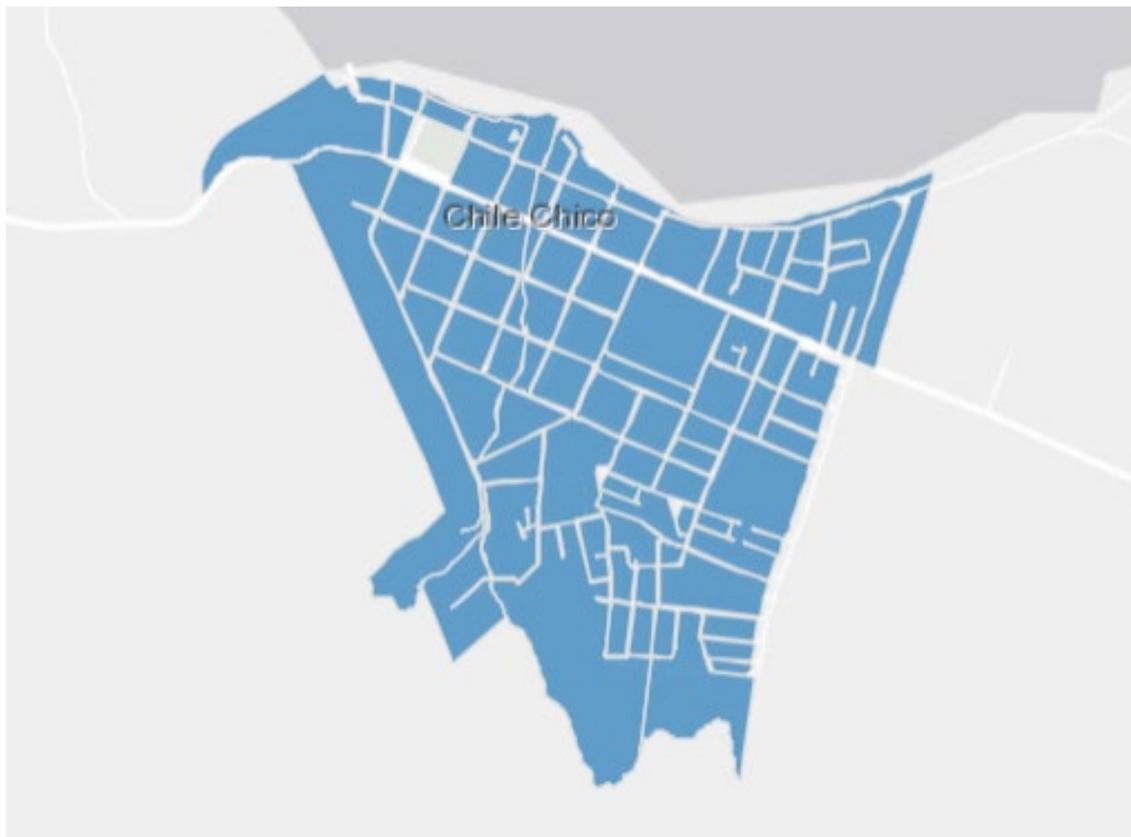
Primera etapa: Obtención de la información geográfica de las manzanas

En la primera etapa se obtuvo un archivo con la representación espacial de las manzanas de cada zona de estudio, sobre la cual, posteriormente, se representó la densidad de demanda de térmica. La fuente principal de información fue el archivo shapefile del geoportal INE, “Microdatos CENSO

2017: Manzanas”. Este contiene a una capa vectorial del sistema de manzanas de todo el territorio nacional, en la Figura 59 se muestra un ejemplo de este archivo para la localidad de Cochrane obtenido proyecto desarrollado anteriormente por la FEPT. Sin embargo, la geometría de las manzanas en este archivo no es totalmente consecuente con la información oficial del SII. Por lo que se tuvo que verificar la geometría oficial en el sitio web del SII (<https://www4.sii.cl/mapasui/internet/#/contenido/index.html>) y utilizando el archivo de “Roles SII”, proporcionado por los municipios, como apoyos.

Del archivo de Roles SII no solo se obtuvo información vectorial de apoyo sobre las manzanas, sino que también para representar los ríos presentes en las localidades de Cisnes y Chile Chico, ya que estos pueden dificultar las instalaciones propias de una red distrital. En la Figura 60 se muestran el plano de Roles SII de Cochrane

Figura 59: Archivo geoespacial Cochrane, Chile



Fuente: Elaboración propia.

5. Nuevamente, utilizando “Editor” se modificó la información de numeración de manzanas, haciéndola coincidir con la numeración oficial del SII, disponible en <https://www4.sii.cl/mapasui/internet/#/contenido/index.html>

Procedimiento con plano CAD de Roles SII

1. Se analizó el archivo CAD (.dwg) de los Roles SII, y se determinó qué capas contenían la información de las manzanas, y qué capas podrían ayudar a complementar esta información, igualmente las q contenían los ríos.
2. Se importan las capas identificadas a un nuevo proyecto de la aplicación ArcMap, en formato shapefile (.shp), utilizando la herramienta “Extract”.
3. Utilizando un mapa base como referencia, se corrigieron diferencias que podrían presentar las capas con respecto al mapa base, como la ubicación espacial y la geometría de las manzanas. El resultado final fue una sola capa con toda la información de las manzanas, y una capa para los ríos dependiendo la zona de estudio.
4. Una vez creado el modelo final de las manzanas, se transforma esta capa de líneas (formato de origen del archivo AutoCAD) a una capa de polígonos.

Segunda etapa: Estimación de demanda térmica de las manzanas

Para calcular la demanda térmica de las manzanas, fue necesario cuantificar y caracterizar las edificaciones existentes dentro de las zonas de estudio. Es por esta razón que se utilizó como base de datos el detalle catastral de Roles del SII.

Una vez obtenida esta base de datos, se procedió a depurarla, para extraer solo los datos que posteriormente se utilizaron para los cálculos de estimación de demanda térmica de las manzanas. Estos cálculos de estimación utilizan datos de demanda térmica de las viviendas tipo y edificios evaluados anteriormente.

Depuración Detalle catastral de comunas SII

Como su nombre lo indica, el detalle catastral es un registro de una serie de características de todos los bienes raíces de una comuna (terrenos y construcciones). Este se compone por 4 archivos en formato de documento de texto (.txt), que contienen distintos tipos de datos, dos para bienes raíces agrícolas y dos para bienes raíces no agrícolas.

Se consideraron solo los bienes no agrícolas, disponibles en el archivo de nombre “BRTMPCATASNL”, de los cuales se extrajeron los datos mostrados en Tabla 68. Se define una línea de construcción como cualquier tipo de construcción dentro de un predio, ésta puede ser una casa, una oficina, un local comercial, una ampliación, una piscina, una bodega, etc.

Tabla 68. Datos utilizados del archivo “BRTMPCATASNL”.

Variable	Descripción
Número de Manzana	Número de la manzana en la que se ubica la línea construcción
Número de Predial	Número del predio dentro de la manzana en el que se ubica la línea de construcción
Código de material estructural de la línea de construcción	Letra asignada según el código de materiales, que representa el material predominante de la estructura vertical de las construcciones.
Año de la línea de construcción	Año de construcción de la línea
Superficie de la línea de construcción	Indica la superficie construida en m ² , sin decimales
Código de destino de la línea de construcción	Letra asignada según el código de destino, representa el uso que se la dará a la construcción.

Fuente: Elaboración propia.

La depuración de esta base de datos consistió en eliminar todas aquellas líneas de construcción que no estén contempladas en el estudio o que no tengan demanda térmica. Como el detalle catastral contiene los datos de toda una comuna, el primer paso es suprimir aquellas las líneas de construcción que se encuentren en manzanas fuera de la zona urbana de la localidad evaluada, utilizando el número de manzana como guía. La zona urbana de una localidad puede inspeccionarse de manera visual con los Mapas de Roles SII.

Por otra parte, para este proyecto solo se consideran como construcciones con una demanda térmica asociada aquellas con destinos de; Comercio, Deporte y Recreación (solo recintos cerrados), Educación y Cultura, Hotel y Motel, Habitacional, Oficina, Administración Pública y Defensa y Salud, de la tabla de códigos de destino (Tabla 61).

Finalmente, del código de materiales (Tabla 70), puede desprenderse que existen algunas líneas de construcción que no tienen demanda térmica, tales como:

- GA, GB, GC, GE y GL, corresponden a galpones, construcciones abiertas no habitacionales diseñadas para cubrir grandes luces.
- OA, OE y OB, corresponden a obras civiles, principalmente obras de infraestructura tales como; puentes, carreteras, represas, etc.
- SA, SB, EA, M, P, W, TA, TE y TL, corresponden a obras complementarias al destino del predio, tales como; silos, estanques, piscinas, pavimentos, etc.

Por lo que, solo A, B, C, E, F, G y K, correspondiente a construcciones tradicionales (principalmente a edificaciones habitables) son las únicas que poseen demanda de energía térmica.

Tabla 61: Código de destinos detalle catastral de comunas

TABLA DESTINOS			
CAMPO	DESCRIPCIÓN	CAMPO	DESCRIPCIÓN
A	Agrícola	M	Minería
B	Agroindustrial	O	Oficina
C	Comercio	P*	Administración Pública y Defensa
D	Deporte y Recreación	Q	Culto
E	Educación y Cultura	S	Salud
F	Forestal	T	Transporte y Telecomunicaciones
G	Hotel, Motel	V	Otros no considerados
H	Habitacional	W	Sitio Erizo
I	Industria	Y	Gallineros, chancheras y otros
L	Bodega y Almacenaje	Z	Estacionamiento

Fuente: SII.

Tabla 70: Código de material, detalle catastral de comunas

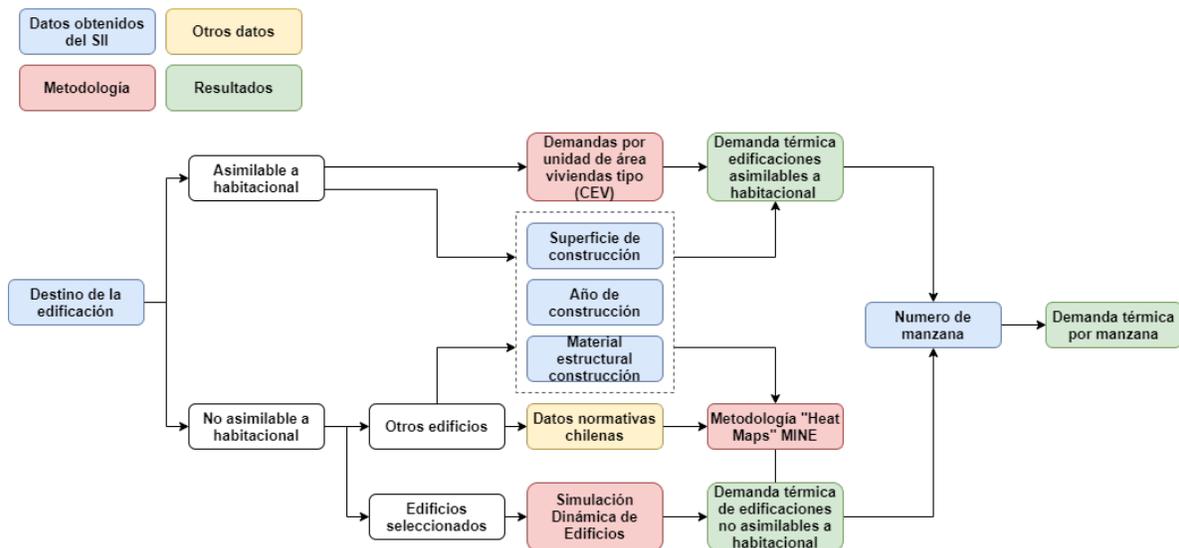
CÓDIGOS DE MATERIAL	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
GA	Acero
GB	Hormigón Armado
GC	Albañilería
GE	Madera
GL	Madera Laminada
GF	Adobe
OA	Acero
OB	Hormigón Armado
OE	Madera
SA	Silo de Acero
SB	Silo de Hormigón Armado
EA	Estanque de Acero
EB	Estanque de Hormigón Armado
M	Marquesina
P	Pavimento
W	Piscina
TA	Techumbre Apoyada de Acero
TE	Techumbre Apoyada de Madera
TL	Techumbre Apoyada de Madera Laminada
A	Acero A en tubos y perfiles.
B	Hormigón armado.
C	Albañilería de ladrillo de arcilla, piedra, bloque de cemento u hormigón celular
E	Madera
F	Adobe
G	Perfiles metálicos
K	Estructura con elementos prefabricados e industrializados

Fuente: SII.

Modelo de estimación

Para el modelo de estimación se dividen las edificaciones en dos grupos; aquellas cuya demanda térmica se considera asimilable a las edificaciones de tipo H (habitacionales) y aquellas cuya demanda no se considera asimilable a las edificaciones de este tipo, esta distinción se realiza a través de código de destino. En la Figura 61 se presenta un esquema resumen, en el cual se muestran los distintos datos de entrada y metodologías utilizadas para la estimación de las demandas térmicas de las edificaciones, los cuales se detallan posteriormente.

Figura 621: Esquema resumen, modelos de estimación de demandas térmicas



Fuente: Elaboración propia.

El primer grupo consiste a las líneas de edificación con código de destino; C (Comercio), G (Hotel y Motel), H (Habitacional), O (Oficina) y P (Administración Pública y Defensa), para las cuales se utilizó un método de extrapolación de las demandas térmicas por unidad de área de viviendas representativas (edificaciones tipo H) de cada localidad, obtenidas con la metodología de Calificación Energética de Viviendas del MINVU. Se considera que este grupo de edificaciones son estructuralmente iguales entre sí, por lo que, poseen demandas térmicas por unidad de área iguales.

Los datos de demanda térmica por unidad de área de las viviendas representativas son extrapolados a todas las líneas de edificación según las variables de materialidad estructural y año de construcción, para calcular una demanda final utilizando el producto de la demanda por unidad de área por el área construida de la línea de edificación (datos aportados por el detalle catastral del SII). En el caso de las edificaciones de tipo G, se aplica un factor de conversión de 0,28 correspondiente a la tasa de ocupabilidad de habitaciones de hoteles para la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, dato extraído del Informe Estadísticas de Establecimientos de Alojamiento Turístico por Comunas año 2015, del SERNATUR.

$$demanda (kWh\ anual) = \left(\frac{kWh_{año}}{m^2} \right)_{viv\ representativa} * (m^2)_{edificación}$$

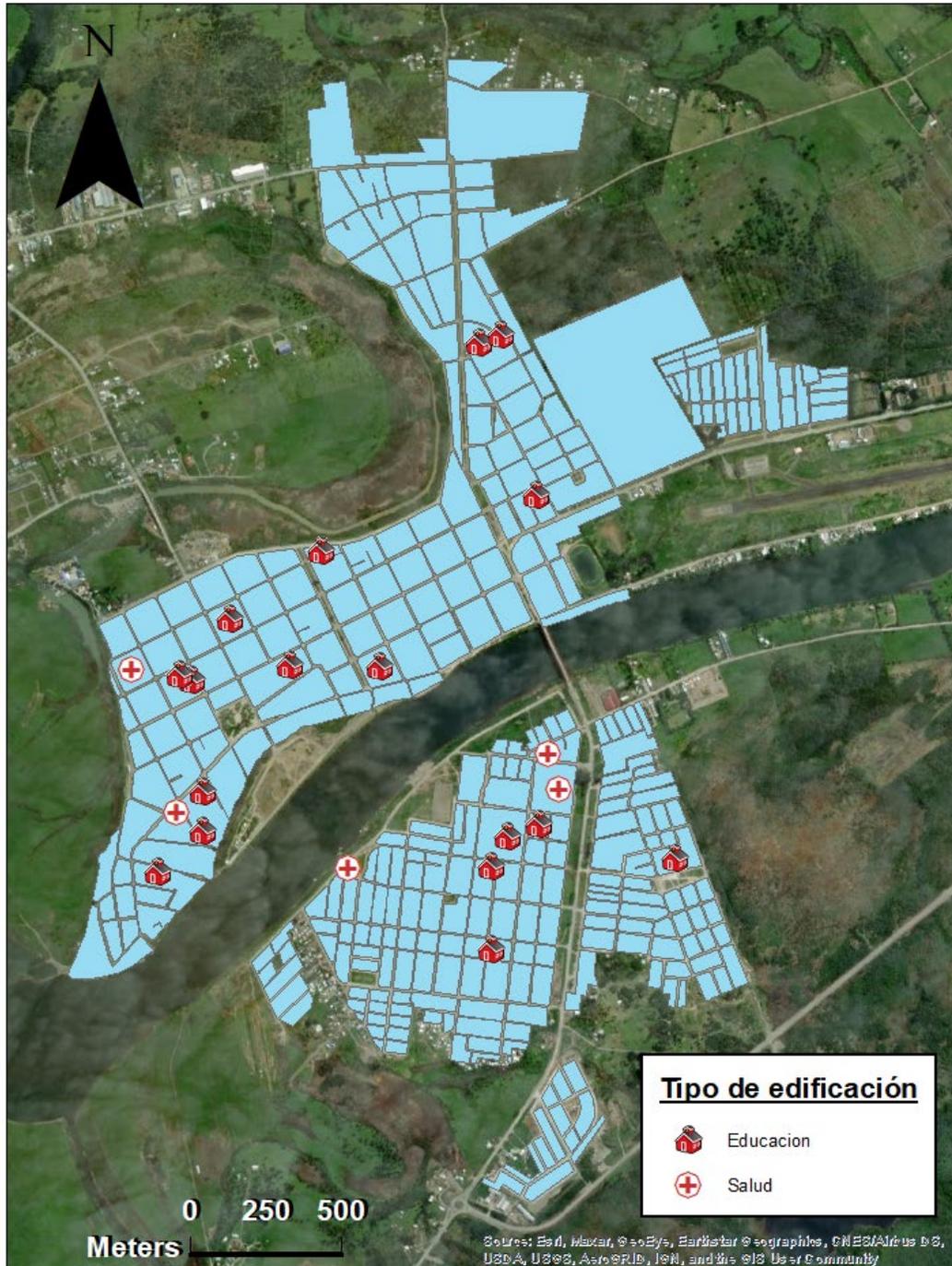
Para el caso de edificaciones no asimilables a habitacionales, estas corresponden principalmente a aquellas de destinos; E (Educación) y S (Salud,) más algunos casos excepcionales de edificios municipales que pudieran concentrar una gran demanda térmica, de tipo D (Deportivo), P (Defensa y Seguridad Pública), y O (Oficinas), cuya demanda $(kWh_{año})_{edificación}$ fue evaluada individualmente con la Simulación Dinámica de Edificios, en la sección B) de este estudio.

Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto, se observó que existía una gran cantidad de edificios de destino E (Educación) y S (Salud), que no fueron seleccionados para la Simulación Dinámica, por lo que sus demandas térmicas quedarían fuera de los Mapas de Calor. En la Figura 62, se muestran las edificaciones en cuestión de la localidad de Puerto Aysén, localidad mayormente afectada por esta problemática.

Debido a la importancia que tiene caracterizar dichos edificios, ya que pueden ser potenciales clientes ancla de una red distrital, se decidió utilizar el modelo de estimación de demanda térmica propuesto por la Metodología “Heat Maps” del Ministerio de Energía, para calcular y posteriormente incluir la demanda térmica estos dentro del estudio.

Finalmente se obtuvo la sumatoria de todas las líneas de edificación contenidas en una manzana, guiándose por el número de manzana SII, aportado por el detalle catastral de comunas. A continuación, se detalla el procedimiento de cálculo e ingreso de demandas térmicas de los edificios, utilizando esta base datos:

Figura 62: Edificaciones no consideradas en la Simulación Dinámica de Edificios, Puerto Aysén



Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de depuración y estimación de demanda con base de datos del SII.

1. Desde una planilla Excel se importan los datos del archivo “BRTMPCATASNL” correspondiente al detalle catastral de comunas: el resultado fue una tabla con las distintas líneas de construcción en las filas, y los parámetros de cada una de ellas en las columnas.
2. Se eliminaron los datos que no se utilizaron en el modelo de cálculo de demanda térmica, además de aquellas edificaciones no consideradas en la metodología.
3. Se agregaron en una nueva hoja, las demandas térmicas de viviendas representativas y de los edificios evaluados, además de algunos datos obtenidos de normativas chilenas, necesarios para aplicar la metodología “Heat Maps”.
4. Se agregaron dos columnas a la tabla, para calcular el total de demanda térmica anual de cada edificación, aplicando la fórmula correspondiente, según el tipo de edificación, (modelo de extrapolación CEV o modelo de estimación “Heat Maps”) considerando los porcentajes de vivienda aislada y pareada según corresponda. Por otro lado, en las casillas correspondientes a los edificios evaluados con la Simulación Dinámica de Edificios la fórmula fue reemplazada por el valor de demanda anual ya calculado.
5. Se calculó la demanda térmica de cada manzana, al aplicar una sumatoria de las filas de las líneas de construcción correspondientes a cada una de las manzanas (guiándose por el parámetro “Numero de Manzana”).
6. Los datos de demanda por manzana se representan en una nueva hoja dentro del mismo libro Excel.

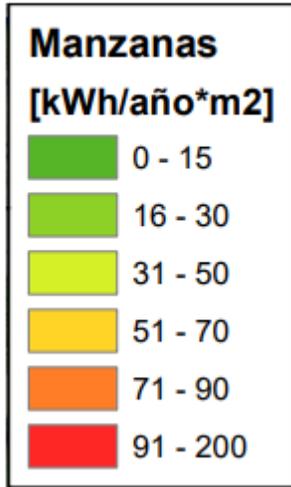
Tercera etapa: Generación de la cartografía

Finalmente, la tercera etapa consiste en la generación de la cartografía del Mapa de Calor, para esto se necesita asociar la demanda térmica de cada manzana, de la zona de estudio (representada en el archivo Excel de la etapa anterior), a la capa geográfica de las manzanas (shapefile obtenido en la primera etapa). Una vez se realiza este cruce de información, a trabajó dentro del software ArcGIS. A continuación, se detalla el procedimiento general que permite la generación del Mapa de Calor:

Procedimiento de generación del mapa de calor.

1. En ArcMap, se utilizó el comando “Join data” para asociar el dato de demanda a cada manzana a la capa geográfica de las manzanas, utilizando el número de manzana como dato común entre los dos archivos.
2. Se calculó el área de cada manzana, en m^2 , utilizando la herramienta “Calculate Geometry”.
3. Se calculó la densidad de demanda térmica en cada manzana utilizando la herramienta “Field Calculator”, ingresando como fórmula el cociente entre la demanda térmica de la manzana y su área.
4. Se aplicó una graduación de colores en las manzanas según la escala de magnitudes de densidad de demanda térmica presentes en las manzanas recomendada por el Ministerio de Energía, en la metodología “Heat Maps”, compuesta 6 rangos, los cuales se presentan en la Figura 63, a continuación.

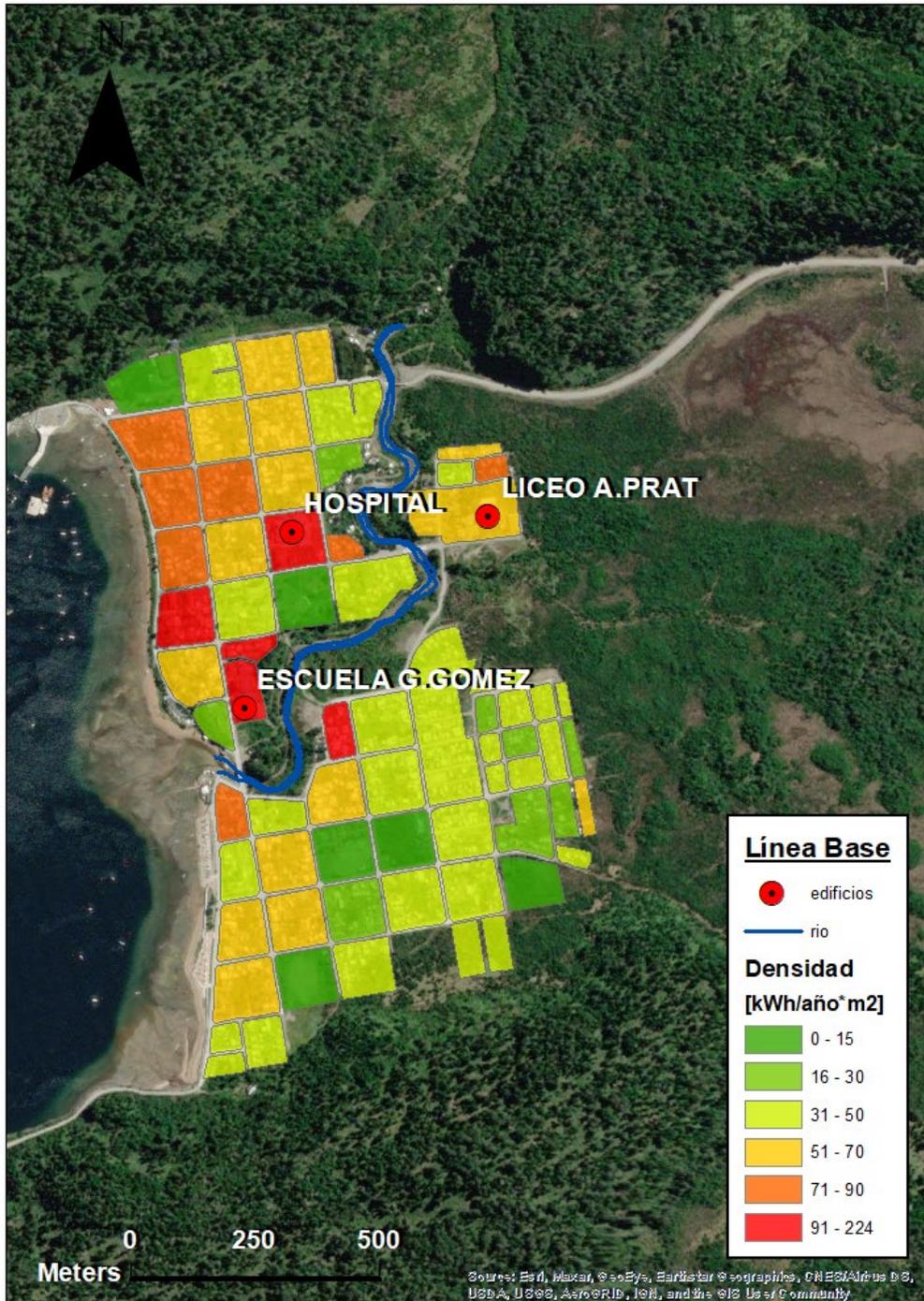
Figura 63: Escala recomendada por el MMA



Fuente: Elaboración propia.

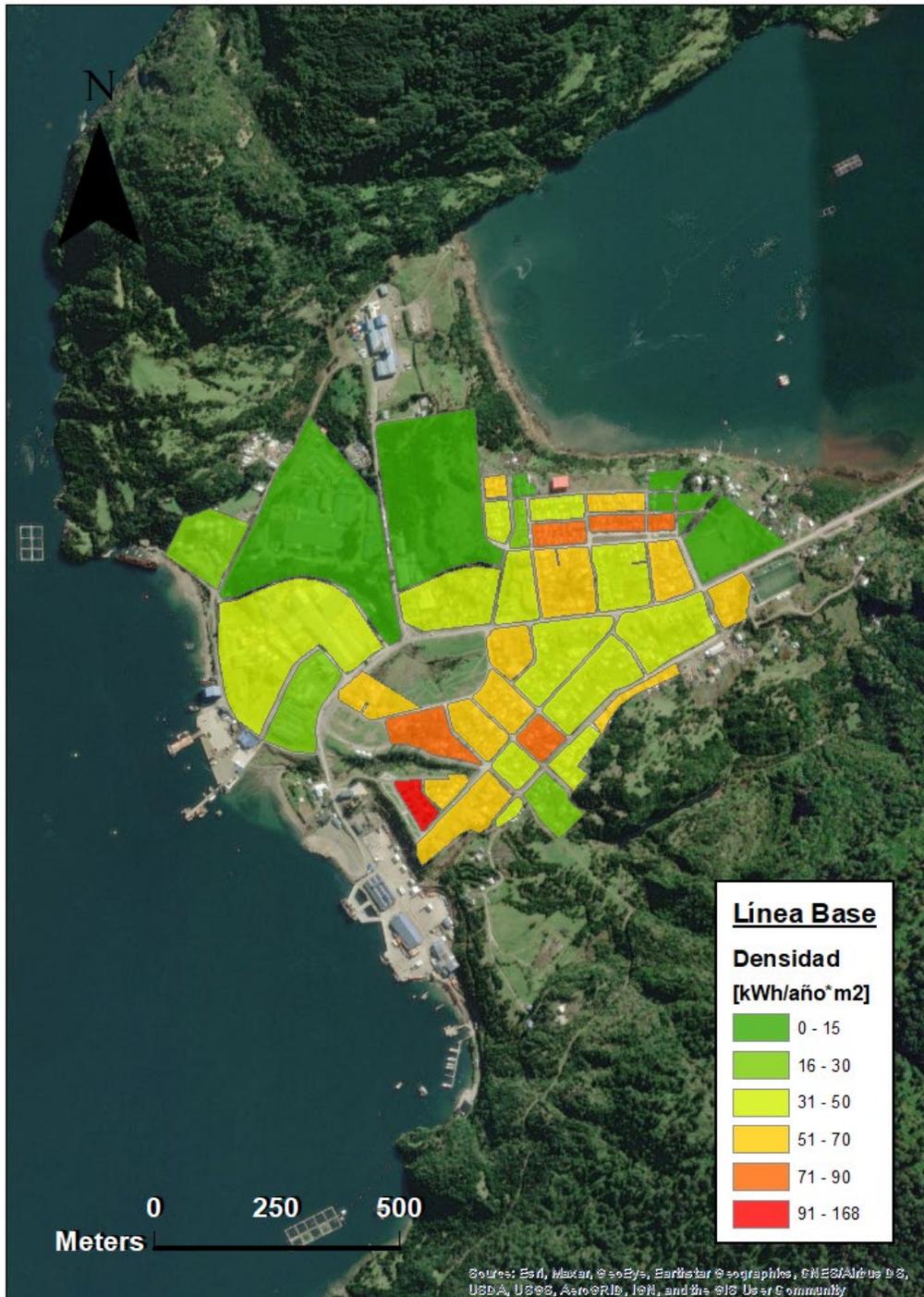
Presentación de mapas de calor de densidad de demanda térmica: línea base de información

Figura 63: Mapa de calor Puerto Cisnes, escala 1:10000



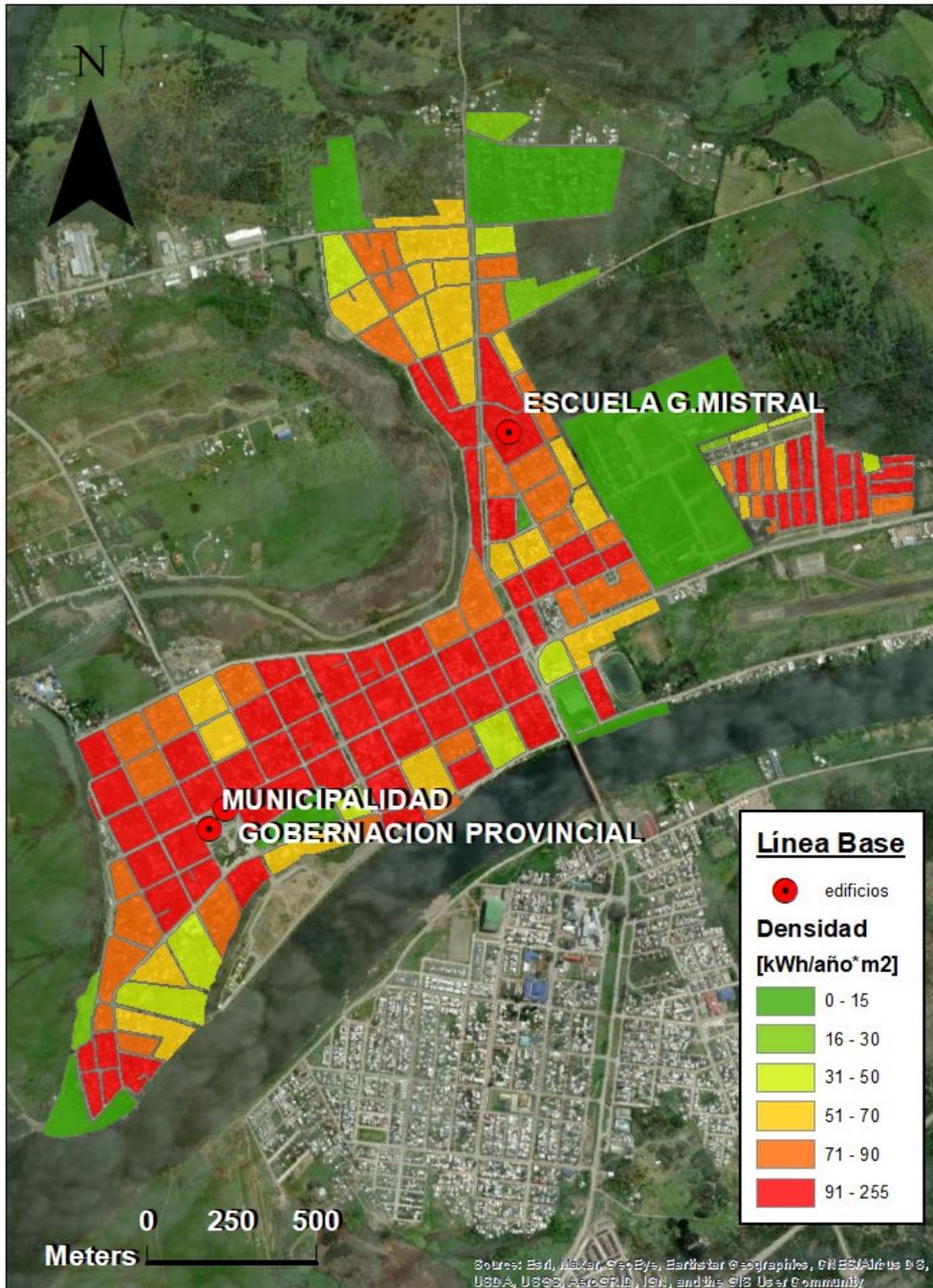
Fuente: Elaboración propia

Figura 64: Mapa de calor Puerto Chacabuco, escala 1:10000



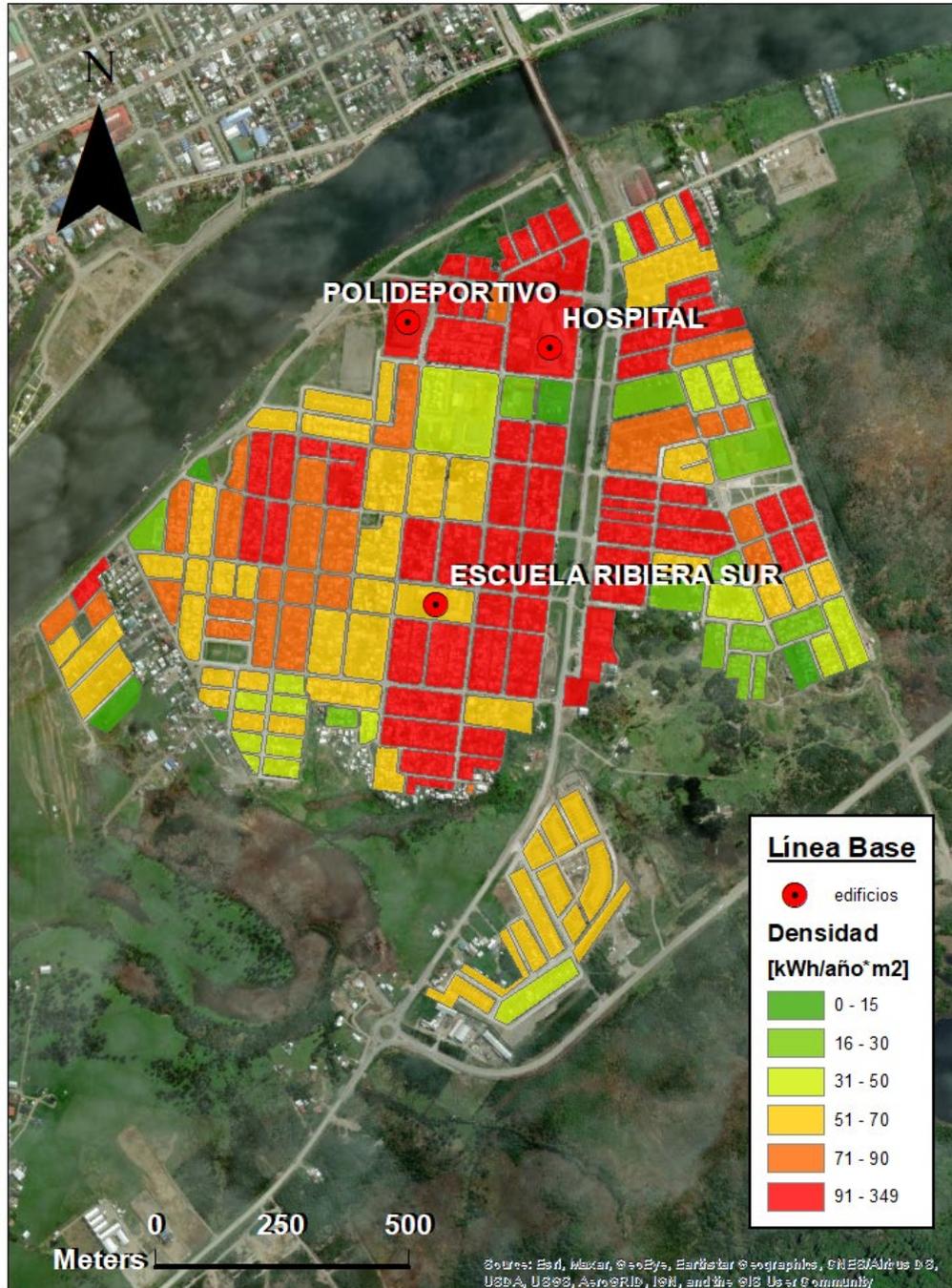
Fuente: Elaboración propia

Figura 65: Mapa de calor Puerto Aysén Norte, escala 1:15000



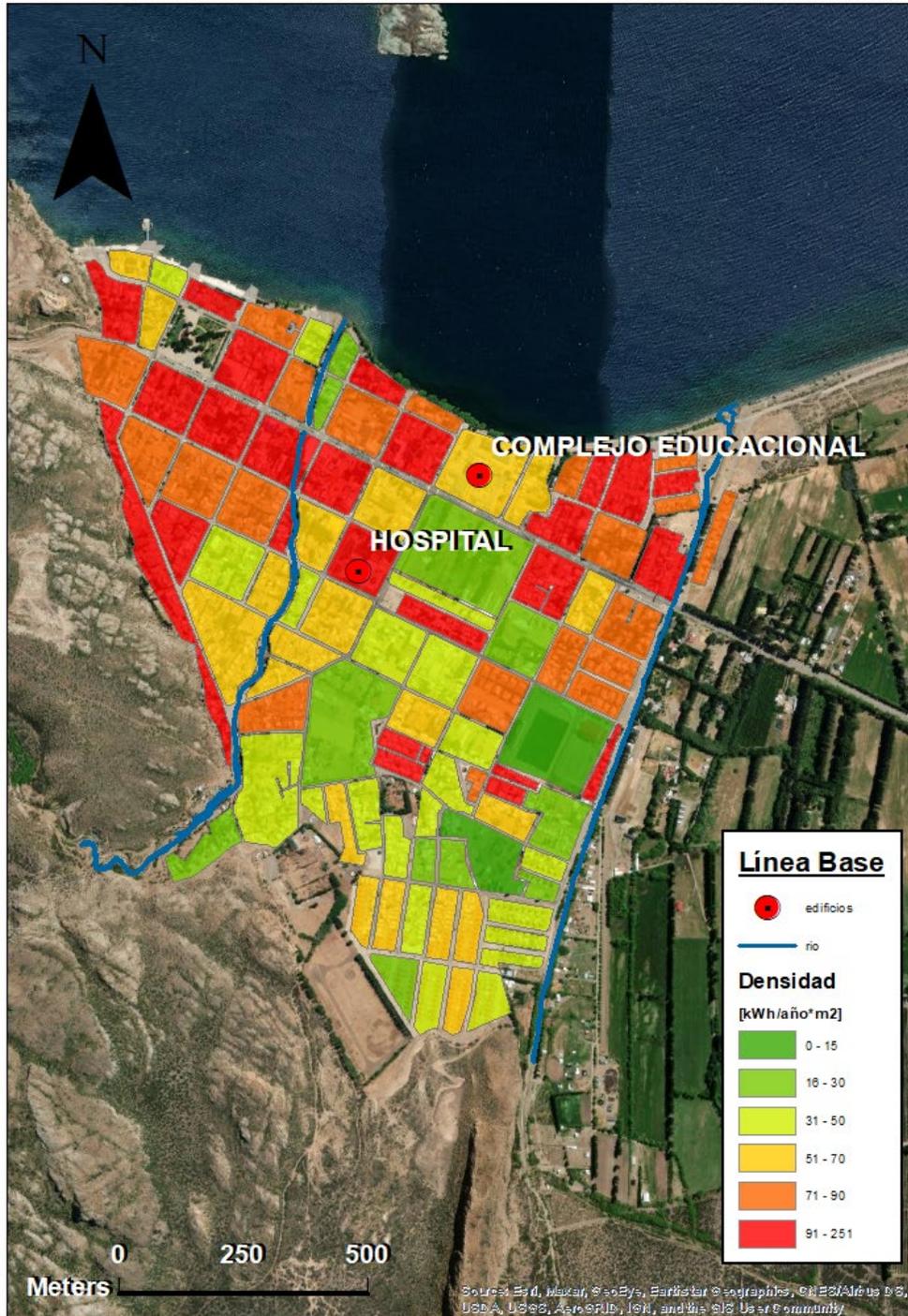
Fuente: Elaboración propia

Figura 66: Mapa de calor Puerto Aysén Sur, escala 1:10000



Fuente: Elaboración propia

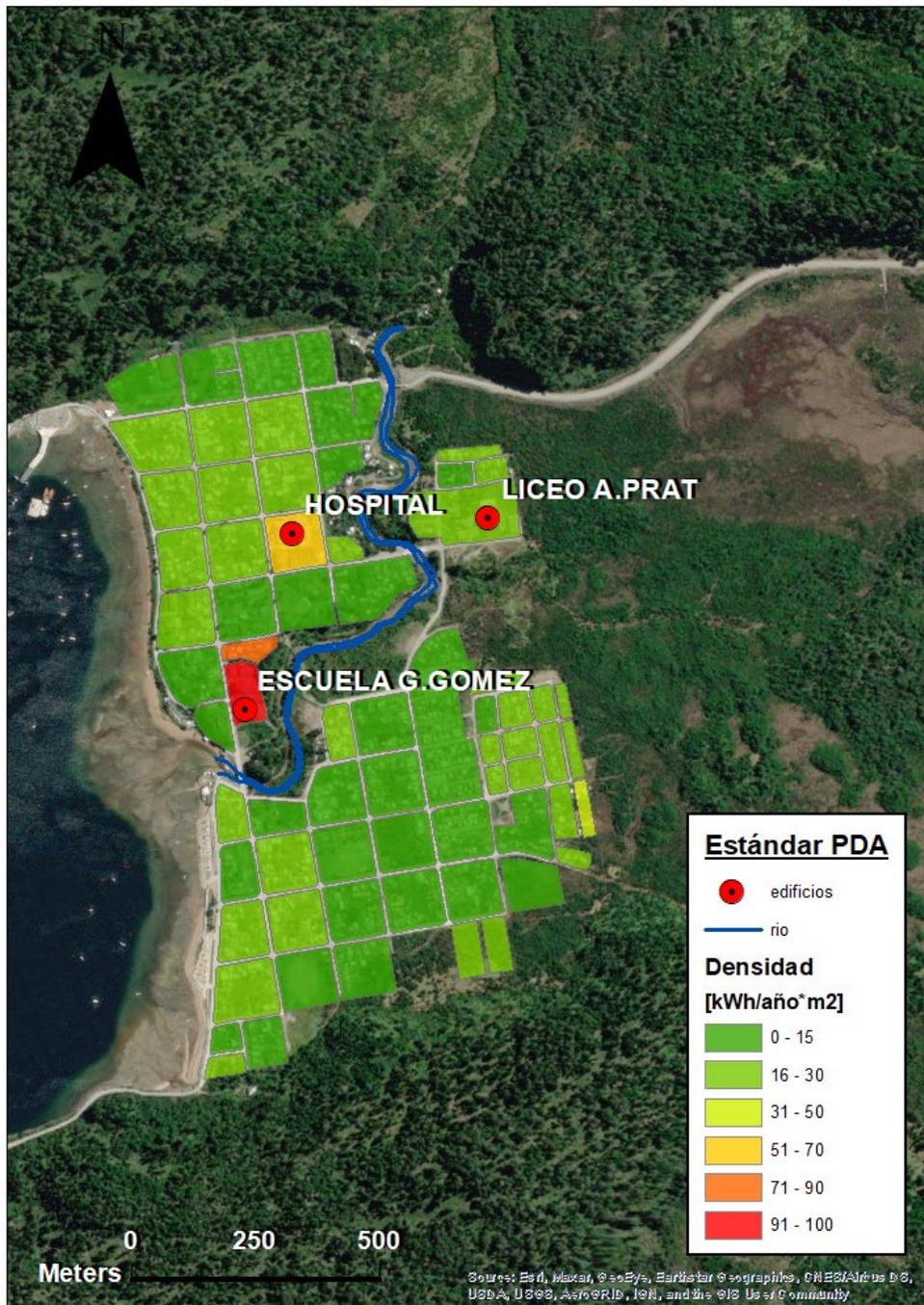
Figura 67: Mapa de calor Chile Chico, escala 1:10000



Fuente: Elaboración propia

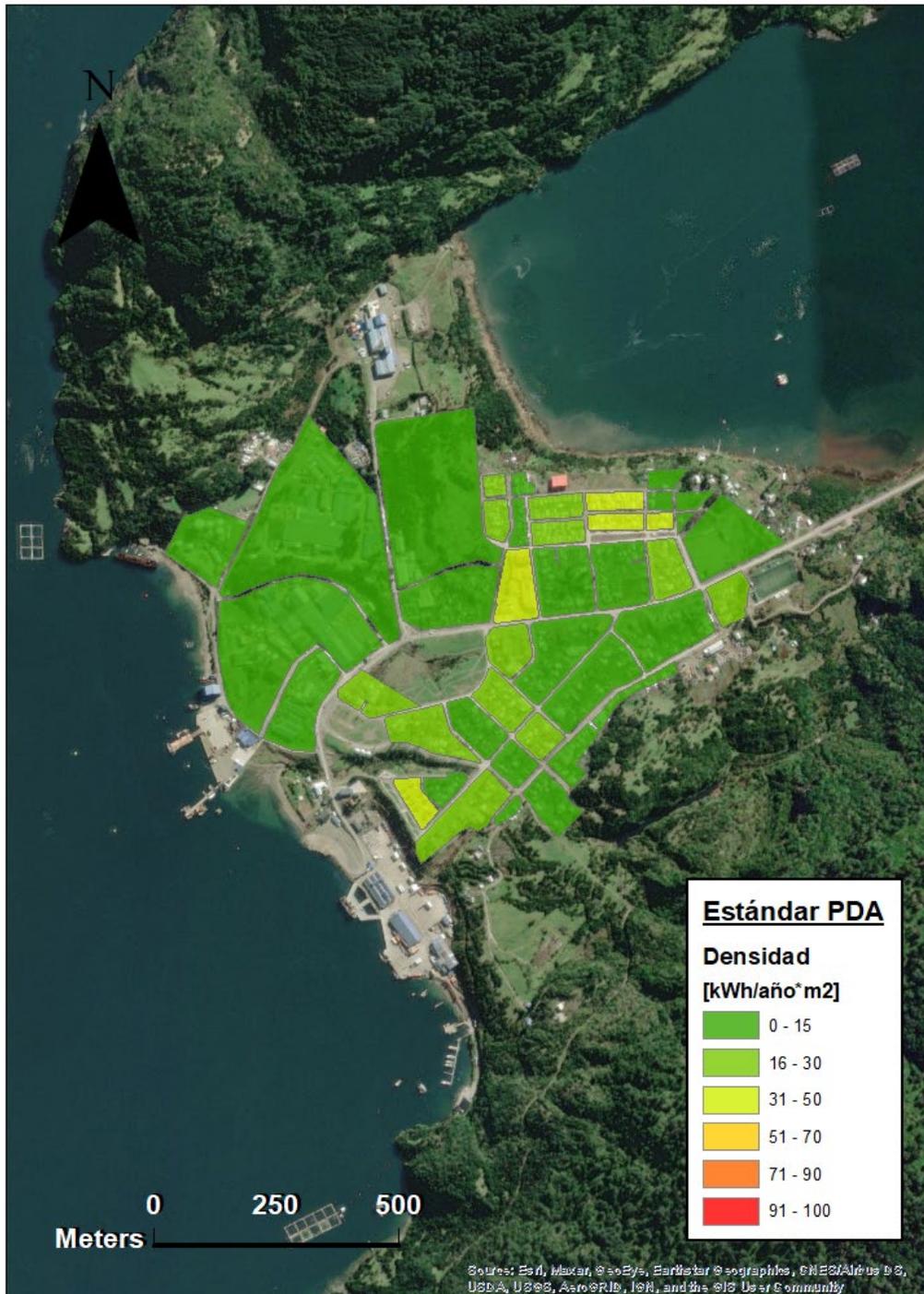
Presentación de mapas de calor de densidad de demanda térmica; situación mejorada estándar PDA

Figura 68: Mapa de calor Puerto Cisnes, escala 1:10000



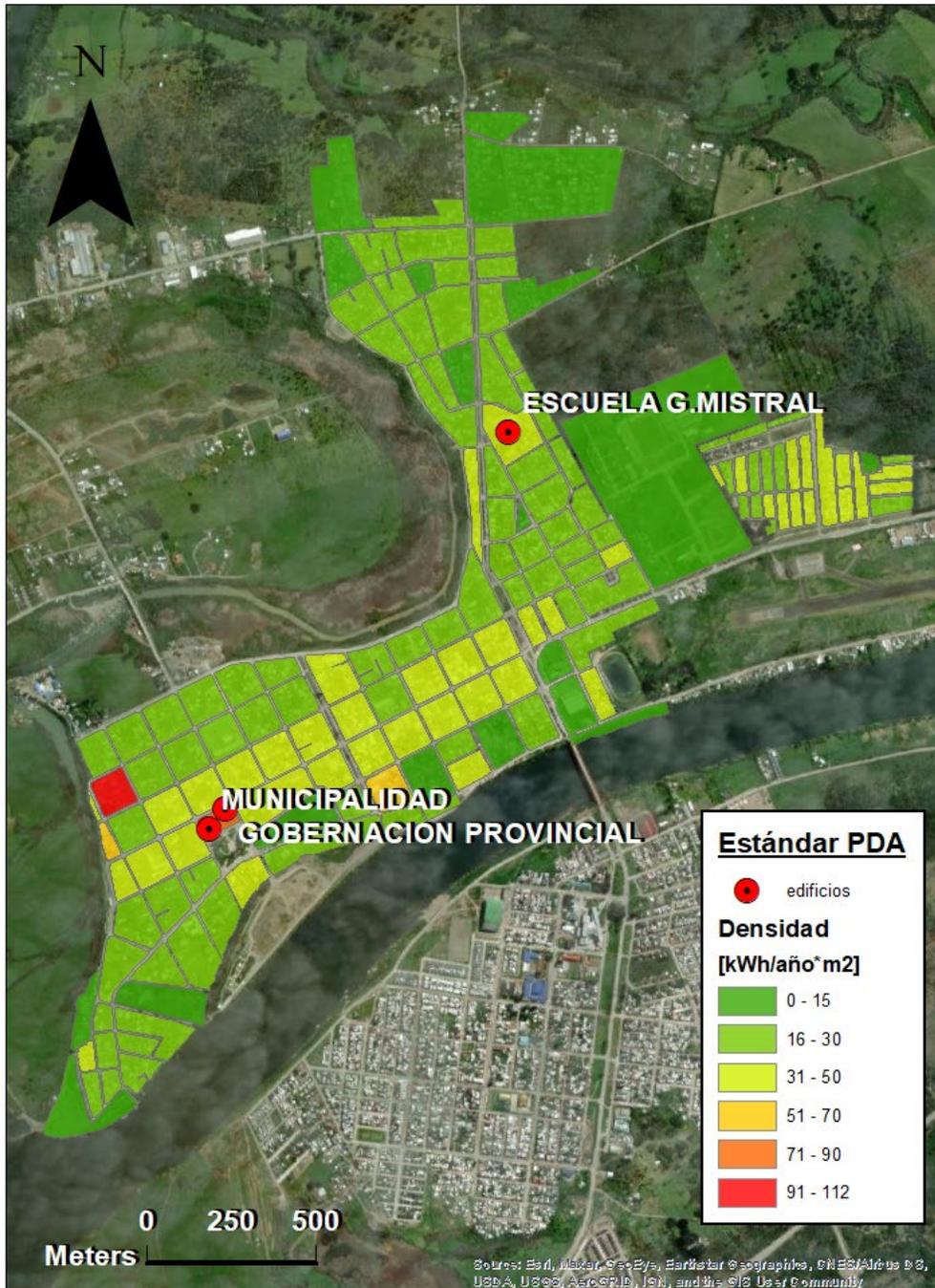
Fuente: Elaboración propia

Figura 690: Mapa de calor Puerto Chacabuco, escala 1:10000



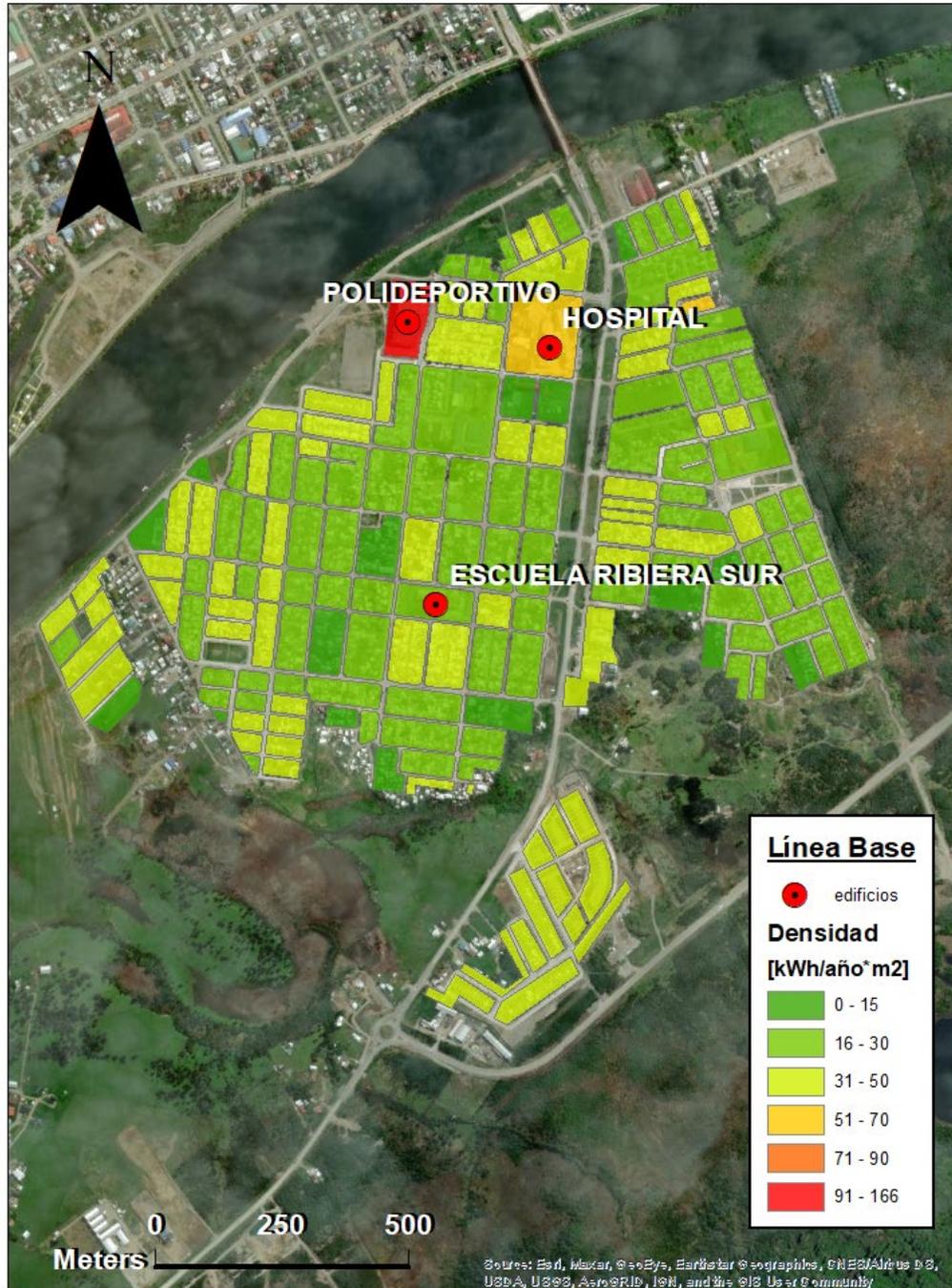
Fuente: Elaboración propia.

Figura 701: Mapa de calor Puerto Aysén Norte, escala 1:15000



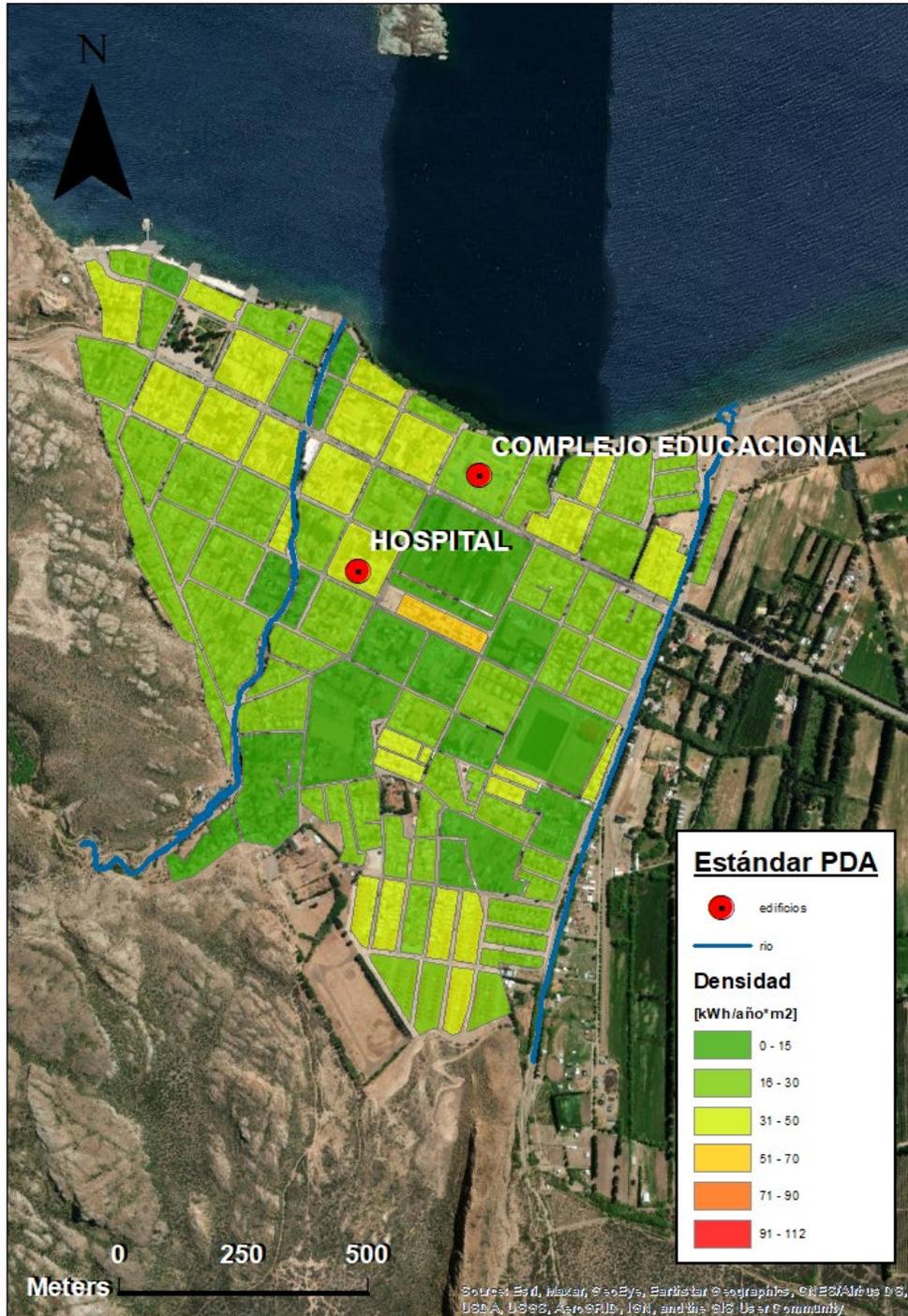
Fuente: Elaboración propia.

Figura 712: Mapa de calor Puerto Aysén Sur, escala 1:10000



Fuente: Elaboración propia.

Figura 723: Mapa de calor Chile Chico, escala 1:10000



Fuente: Elaboración propia.

D) Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Para el caso de las viviendas, el porcentaje de ahorro de las viviendas pre 2007, varía entre un 40,9% y un 86,1%, lo que resulta muy atractivo para el desarrollo de proyectos de aislación térmica. Más aún, cuando se verifica, que, de las 15 viviendas analizadas, construidas pre año 2007, 11 de ellas presentan un potencial de EE mayor al 70%. De esta manera, se concluye que el foco, para proyectos de aislación térmica, debe concentrarse en este tipo de viviendas.
- En relación a la comparación de las viviendas con piso ventilado versus las viviendas con radier, se concluye que el consumo energético de las viviendas con piso ventilado construidas previo al año 2007, es mayor a las viviendas con piso de radier, pero posterior al año 2007, al estar aislados los pisos ventilados por las exigencias de la OGUC, es menor que las viviendas construidas post 2007 con piso de radier. Además, el potencial de EE de las viviendas con piso ventilado es mayor que las viviendas con piso de radier, esto a propósito de la imposibilidad de aislar los pisos de radier, versus la factibilidad de aislar los pisos ventilados. De esta forma, se concluye que la prioridad para el desarrollo de proyectos de aislación térmica, debe estar concentrada en las viviendas con piso ventilado.
- En cuanto a las edificaciones analizadas, se destaca que, sumando todos los edificios, el potencial de EE es de un 50% del consumo energético. El potencial fluctúa entre un 37% y 65%, destacando la gobernación de la provincia de Aysén y la Municipalidad de Aysén, con un 65% y 60% respectivamente. Se concluye que el porcentaje de EE es alto, por tanto, se debiera analizar económicamente todas las medidas de eficiencia energética, contemplando el particular contexto de la región de Aysén.
- La comparación gráfica de los mapas de calor para las dos situaciones propuestas (línea base de información vs situación mejorada), reafirma el gran potencial de mejora que existe en términos de aislación térmica de edificaciones y viviendas, como una medida de eficiencia energética.
- Considerando que el Manual de Desarrollo de Proyectos de Energía Distrital, señala que de acuerdo la experiencia internacional, una densidad de demanda energética alrededor de los 70 (kWh/año*m²) presenta condiciones favorables para la conexión a una red distrital. Se observa que, para la línea base calculada, existen variados sectores en las localidades de Chile Chico, Puerto Aysén y Puerto Cisnes, con concentración de manzanas que superan el valor referencia. Esto, hace presumir la idoneidad de desarrollar estudios de pre-factibilidad de calefacción distrital, pero observando los mapas de calor en base al potencial de EE, solo se identifica en la localidad Puerto Aysén y Puerto Cisnes, zonas donde la densidad energética supera los 70 kWh/año*m², por tanto, pudiesen ser caso de estudio en mayor profundidad.
- Puerto Aysén se presenta como la opción más atractiva para continuar con la investigación de un proyecto de Energía Distrital, ya que, además de poseer áreas con densidades de demanda energética que hacen presumir la idoneidad de proyectos de calefacción distrital, a diferencia de las demás localidades, posee una gran cantidad de potenciales edificios anclas tales como; edificios de administración pública, escuelas, hospitales y áreas comerciales, lo que pudiese entregar una gran flexibilidad de opciones y posibilidades de expansión. Además, gracias a la visita a terreno, se observaron edificios privados cercanos

a la zona de mayor consumo, en particular en el lado norte de la localidad. Esto también motiva a estudiar dicha zona, incluyendo todas esas edificaciones.

- Con respecto al sector de Puerto Cisnes que concentra algunas manzanas con densidades de demanda térmica sobre el valor referencial de 70 (kWh/año*m²), este presenta una clara desventaja geográfica, ya que, se encuentra limitado al norte por el Cerro San Gilberto, al oeste por el canal Puyuhuapi, y al sur y este por la quebrada donde pasa el estero San Luis. Todo esto dificulta sus posibilidades de futura expansión de una red distrital.

Recomendaciones

- Para el caso de la estimación de la demanda térmica de viviendas, se recomienda para los siguientes estudios o trabajos, realizar un levantamiento de viviendas representativas de mayor alcance, procurando disminuir la simulación de materialidad de las viviendas para el cálculo de la línea base.
- Como método de validación del estudio, pero, además, como forma de ajustar resultados, se recomienda seleccionar las viviendas que presentan mayor representatividad, y estudiar empíricamente el comportamiento térmico. Realizado este ejercicio, permitirá generar factores de corrección para el cálculo de la demanda térmica de los siguientes estudios.
- Se propone estudiar o crear metodologías que arrojen resultados en cuanto al uso y georreferenciación de las viviendas que utilizan piso ventilado versus radier.
- Por parte de las simulaciones dinámicas, la metodología podría modificarse, al utilizarse modelos térmicos multizona (que incluyan la masa térmica de tabiques internos), o incluyendo otras variables como la carga térmica de equipos electrónicos, por ejemplo.
- Tanto para viviendas, como para edificaciones, se recomienda estudiar los tipos de aislación térmica que se pudiesen implementar en la región de Aysén, con el objetivo de realizar el cálculo de la simulación con estándar PDA, ajustado a las efectivas soluciones que se pueden implementar en la región.
- Se recomienda avanzar hacia un análisis económico de las mejoras de EE para viviendas y edificaciones, en el contexto de la región de Aysén, buscando a través de la agregación de proyectos, la mayor eficiencia en una futura implementación.
- Se recomienda para un futuro estudio, realizar un análisis de materialidades de edificaciones no habitacionales, análogo al que se realizó en esta oportunidad con viviendas, para poder aplicar la misma metodología de extrapolación de demandas por unidad de área de edificaciones tipo, sin tener que recurrir a otras metodologías de estimación de demanda. Combinar ambas metodologías resultó un aumento significativo en el tiempo de trabajo.
- Con respecto a la representación de la densidad de demanda térmica en el sistema de manzanas de una localidad, en algunas ocasiones, el área de una manzana a puede distorsionar un resultado, por ejemplo, una manzana de área pequeña puede presentarse con una densidad de demanda conveniente para la conexión con una red distrital, sin embargo, su demanda en realidad representa una pequeña cantidad de edificios que muy probablemente no sea rentable conectar a una red distrital. De esta manera, se propone avanzar metodológicamente a un cálculo basado en los predios de cada vivienda o edificación.

E) Bibliografía

Blender, M. (2016). La reglamentación térmica, una mirada desde su entrada en vigencia. *Revista EMB Construcción*, 22-23.

IIT – Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica. (2009). *Sistema de Certificación energética de viviendas*. stgo: minvu.

INE. (1992). *Censo de población y vivienda*. Stgo: ine.

INE. (2002). *Censo de población y vivienda*. Stgo: INE.

INE. (2017). *Censo de población y vivienda*. Stgo: INE.

Ministerio de Desarrollo Social. (2015). *CASEN*. Stgo.: Mideso.

SERVIU. (1992). *Ordenanza General de Urbanismo y Construcción*.

ANEXO 1

Vivienda 1, Puerto Aysén (pre-2000)

Dimensiones

Esta vivienda fue medida en persona por integrantes del equipo, perteneciente al sector céntrico de Aysén y facilitada por un integrante de la DOM.

Tabla A.1. Dimensiones vivienda A.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	88,6	2,38	210,9
Total	88,6		210,9

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

De acuerdo con las mediciones, entrevistas y observaciones en terreno se obtuvo:

Muros

Los muros están hechos de tabiquería de madera con viga de madera nativa (lenga) de un perfil 4x2". El revestimiento exterior consiste en papel fieltro y sumado a planchas de tinglado de nativo ¾". El interior el mismo tinglado, ¾" de nativo. En el interior del tabique no existe aislación, si no una cámara de aire del ancho de la viga, 4".

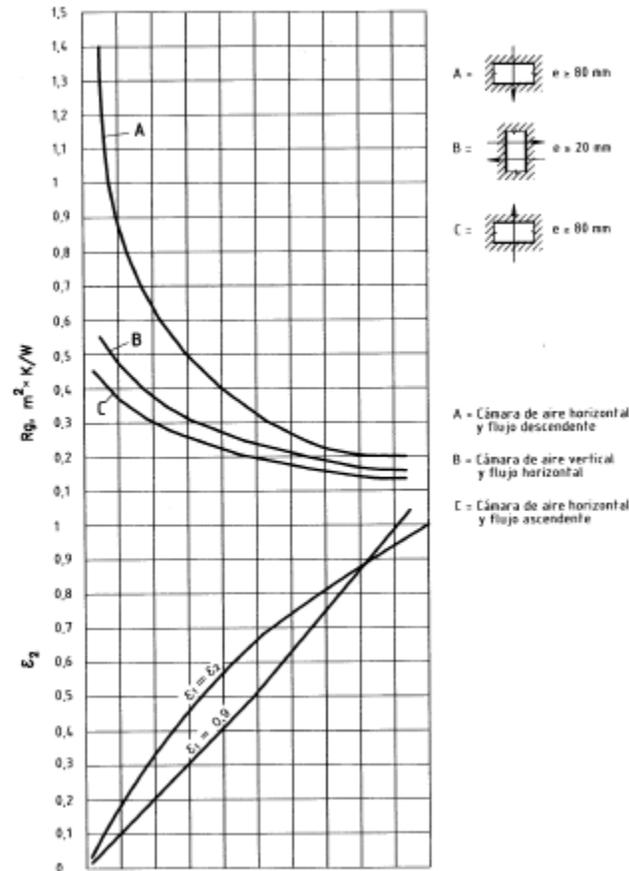
El baño son las únicas paredes con distinto revestimiento interior, utiliza un forro plástico de espesor y efecto térmico despreciable.

Tabla A.2. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Madera Coihue (- Lenga)	0,145
	R [m² K/W]
Cámara de aire	0,15

Fuente: elaboración propia.

Considerando que no existe en la norma la especificación para la madera de Lengua, sin embargo, se adoptó por usar las propiedades de Coihue, por similitud. Por otra parte el cálculo de la resistencia de la cámara de aire, se hizo de acuerdo con la norma Nch853, detallado a continuación.



Fuente: Norma Nch0853

Lo anterior indica que existe un tipo de muro único dentro de la vivienda.

Tabla A.3. U del muro en la vivienda

	Muro UNICO.1	Muro UNICO.2
U [W/Km²]	0.88	1.66
U pond [W/Km²]	1.54	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla F.4 se observan los valores de la transmitancia térmica del muro de esta vivienda. La nomenclatura .1 y .2 hace referencia a la subdivisión del muro, dado que, al no ser homogéneo de manera lineal horizontal, se deben calcular como muros distintos y luego ponderar el valor de la

transmitancia en relación con el porcentaje de superficie de cada subdivisión, como se indicó anteriormente mediante la ecuación (2).

La nomenclatura .1 corresponde a la parte del muro donde existe tabique estructural y la .2 en donde existe una cámara de aire no ventilada. Está notación estará presente en todas las viviendas.

Se muestra imposible la medida del porcentaje que corresponde a cada subdivisión sin alterar la totalidad del muro en la vivienda, por lo que se opta por usar la siguiente aproximación, usando como referencia el Manual CEV 2013.

Tipo de estructura	% de estructura a considerar
Tabiquería de estructura metálica	10%
Tabiquería de estructura de madera	15%

Fuente: Manual CEV 2013.

De lo anterior se desprende que un 15% corresponde al muro UNICO.1 y un 85% corresponde al muro UNICO.2.

En la tabla A.4 se presenta un resumen de la materialidad de cada uno de los tipos de muros considerados.

Tabla A.4. Materialidad de los muros.

Tipo de muro	Sub-división	Materialidad
UNICO	.1	Tinglado nativo $\frac{3}{4}$ ", Viga nativo 4", Tinglado nativo $\frac{3}{4}$ "
	.2	Tinglado nativo $\frac{3}{4}$ ", Cámara de aire no ventilada Tinglado nativo $\frac{3}{4}$ "

Fuente: elaboración propia.

En las tablas A.5 y A.6 se tiene el resumen de las características del muro y los puentes térmicos de acuerdo con lo requerido en el método de CEV. En total se tienen 4 muros dada la geometría de la vivienda.

Tabla A.5. Resumen muros.

	Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1	UNICO	$45^\circ \leq Az < 67,5^\circ$	NE	Madera	25,6	1,0
2	UNICO	$135^\circ \leq Az < 157,5^\circ$	SE	Madera	16,8	1,0
3	UNICO	$-135^\circ \leq Az < -112,5^\circ$	SO	Madera	24,0	1,0
4	UNICO	$-45^\circ \leq Az < -22,5^\circ$	NO	Madera	11,2	1,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.6. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	18,2	10,5	10,8
2	9,4	7,1	2,4
3	18,2	13,9	11,4
4	7,1	7,1	

Fuente: elaboración propia.

Puertas

De acuerdo con la entrevista en la vivienda original existían 2 puertas, una de las cuales se optó por tapar en la vivienda medida. Ambas son de madera solida de 2m de alto y 0,8m de ancho, apuntando hacia el NE la puerta principal y hacia el SO la secundaria.

Ventanas

De acuerdo con las mediciones de la vivienda, se tienen 10 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.7.

Tabla A.7. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente y donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventana	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$-135^\circ \leq Az < -112,5^\circ$	SO	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,54	1,80
VM	$-135^\circ \leq Az < -112,5^\circ$	SO	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$-135^\circ \leq Az < -112,5^\circ$	SO	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$-135^\circ \leq Az < -112,5^\circ$	SO	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$-45^\circ \leq Az < -22,5^\circ$	NO	UNICO	Proyectante	Exterior	Sin	1,55	1,80
VM	$-45^\circ \leq Az < -22,5^\circ$	NO	UNICO	Proyectante	Exterior	Sin	1,55	1,80
VM	$45^\circ \leq Az < 67,5^\circ$	NE	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$45^\circ \leq Az < 67,5^\circ$	NE	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$45^\circ \leq Az < 67,5^\circ$	NE	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10
VM	$45^\circ \leq Az < 67,5^\circ$	NE	UNICO	Abatir	Exterior	Sin	1,10	1,10

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.7. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. De acuerdo con las observaciones la vivienda poseía 2 tipos de ventana originalmente, todas con marco de madera. Dos de ellas fueron modificadas y puestas con marco metálico y con cierre proyectante, como se puede apreciar en la tabla.

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizaron medidas hechas en la vivienda para cada una de las ventanas.

En la tabla A.9. se muestran los resultados.

Tabla A.8. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1		FAV 2 Izquierda	
D	L	P	S
0,3	0,5		
0,3	0,5		
0,3	0,5		
0,3	0,7	1,1	2,2
1,0	0,5		
1,0	0,5		
0,3	0,7		
0,3	0,7		
0,3	0,7		
0,3	0,7		

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla F.8. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 2 – Derecha, ni FAV 3.

Techos

La evaluación de los techos se hace de manera similar a la utilizada en los muros, la diferencia radica en que los valores considerados para la resistencia superficial interior y exterior en la ecuación (2) cambian, de acuerdo con lo visto en la figura F.10 (flujo horizontal y flujo ascendente).

Tabla A.9. U de los techos.

	Techo 1.1	Techo 1.2
U [W/Km ²]	2,31	0,33
U pond [W/Km ²]	2,11	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.10. se puede observar de manera análoga al cálculo de los muros, que se tiene techo único con dos subdivisiones.

El techo único corresponde a un cielo de tinglado de pino $\frac{3}{4}$ ", unido a las cerchas de 4x2" y costaneras, formando una cámara de aire no ventilada ente los elementos del entretecho.

La nomenclatura .1 corresponde a las secciones que poseen solo el cielo raso, mientras que la .2 corresponde a las secciones del techo que poseen el cielo raso unido a las cerchas. La cámara de aire se inspeccionó y no presentaba infiltraciones de aire visibles en el entretecho, por lo que se consideró no ventilada.

Entre cerchas la separación era de 1,2m, con ello se obtuvo el porcentaje de distribución entre secciones, el cuál fue 89,7% de cielo raso y 10,3% de cielo unido a cercha.

En la tabla F.11 se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Tabla A.10. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
1	Madera	88,60	2,11	No ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

De acuerdo con las observaciones de la vivienda, se cuenta con dos tipos de piso. Uno de ellos se encuentra sobre radier de hormigón de 10cm que corresponde a la cocina y baños. De acuerdo a lo establecido en la NCh 853 para las características del piso, presenta un coeficiente de transmitancia lineal:

$$Kl = 1.2 \text{ W/mK}$$

El que se define de acuerdo con el perímetro del piso de la vivienda que está en contacto con el aire exterior. El perímetro en contacto con el piso para esta vivienda corresponde a 40,96m.

A lo anterior se le suma los pisos ventilados que presenta la vivienda. Según la norma habrá de tener especial cuidado de haber cámara de aire y su condición de ventilación, para el desarrollo de este estudio se considerará que ninguna presenta, cuestión comprobada en terreno.

Por lo anterior, la transmitancia del piso ventilado se calcula de forma análoga a los muros y techos, considerando dos subelementos para una transmisión vertical y hacia abajo del calor.

Tabla A.11. U del piso ventilado.

	Piso V 1.1	Piso V 1.2
R [W/Km ²]	0,74	2,12
U pond [W/Km ²]	1,76	

Fuente: elaboración propia en base a norma Nch0853

En la tabla anterior, se puede observar la resistencia de cada una de las secciones del piso y los demás parámetros solicitados.

La nomenclatura 1.1 corresponde al piso ventilado con unido a la viga por debajo, el 1.2 a la sección del piso con una única capa de tinglado de madera. El factor correspondiente a cada subelemento

en el piso es de 26% y 74% del área total, esto en base al cálculo empírico en un piso ventilado de madera realizado con anterioridad.

Modificaciones

La presente vivienda fue utilizada para las siguientes tipologías:

Tabla A.12. Resumen modificaciones

Localidad	Tipo vivienda	Tipo piso	Año construcción
Puerto Aysén – Puerto Chacabuco	Aislada	Radier	Pre2000
			En 2000-2007
		Ventilado	Pre2000
			En 2000-2007
Puerto Cisnes	Aislada	Ventilado	Pre2000
			En 2000-2007

Fuente: elaboración propia.

Para su adecuación al piso radier, se reemplaza la superficie del piso ventilado por un piso radier de las mismas características ya mencionadas. Para cada una de las localidades, se modifica los parámetros del FAR de acuerdo a la vivienda representativa respectiva.

Finalmente, el uso para viviendas construidas entre el 2000 y el 2007 se logra modificando el valor de transmitancia y grosor de techumbre sólido, de acuerdo con OGUC y suponiendo un aislante de lana de vidrio que cumpla con la exigencia R100, quedando el techo:

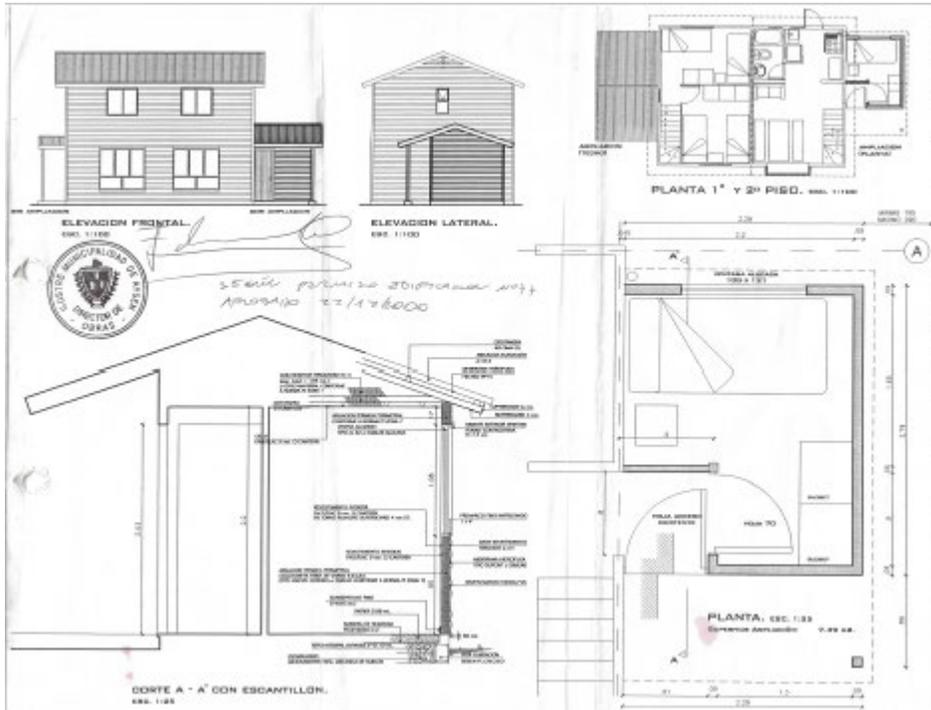
Tabla A.13. Resumen modificación techo criterio OGUC entre 2000-2007

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
1	Madera	88,60	0,25	No ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Vivienda 3, Población Michelato, Puerto Aysén (2001)

La planimetría y especificaciones técnicas de esta vivienda fueron entregadas por la DOM de Puerto Aysén, por su condición de pareada se utilizó cambiándole la materialidad de sus muros.



Fuente: Planimetría entregada por DOM Puerto Aysén

Dimensiones

Tabla A.14. Dimensiones vivienda A.

	área [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	23,3	2,20	51,2
Piso 2	17,6	2,20	38,7
Total	40,86		89,89

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

Las especificaciones técnicas indicaban la composición de estructuras tipo metalcon, éstas fueron reemplazadas en muros y techumbres.

Muros

Los muros están hechos de tabiquería de madera con viga de madera nativa con un ancho de 3". El revestimiento interior está compuesto por un aglomerado de madera de 8mm de espesor, más una capa de yeso cartón con 4mm de espesor para espacios húmedos. El exterior del muro tiene una capa de terciado de pino 6mm más un revestimiento de 6mm de fibrocemento.

Tabla A.15. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Fibrocemento	0,23
Yeso Cartón	0,26
Madera Pino	0,104
Aglomerado madera	0,103
Madera nativa	0,145
	R [m² K/W]
Cámara de aire	0,15

Fuente: elaboración propia.

Se consideró la presencia de cámara de aire al interior de la tabiquería, la cual aporta con una resistencia acorde a la norma Nch853, de la misma forma que la vivienda 1.

Tabla A.16. U del muro en la vivienda

	Muro Húmedo.1	Muro Humedo.2	Muro Seco.1	Muro Seco.2
U [W/Km²]	1,15	1,97	1,17	2,03
U pond [W/Km²]	1.85		1,90	

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que la vivienda uno, se utilizarán la proporción de 15-85% de tabiquería estructural-Cámara de aire. La tabla anterior muestra los resultados desprendidos de ello.

En las tablas A.17 y A.18 se tiene el resumen de las características del muro y los puentes térmicos de acuerdo con lo requerido en el método de CEV. En total se tienen 5 muros dada la geometría de la vivienda.

Tabla A.17. Resumen muros.

Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1 MURO SECO	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Madera	15,5	1,9
2 Muro adiabático	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Pesado	20,4	-
3 MURO SECO	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Madera	10,3	1,9
4 MURO HUM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Madera	5,9	1,8
5 MURO SECO	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Madera	22,6	1,9

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.18. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	17,1	2,2	9,2
2	9,6		14,4
3	10,1		5,7
4	2,2	2,2	5,7
5	5,0		7,2

Fuente: elaboración propia.

Puertas

Existen 2 puertas, ambas son de madera solida de 0,75m de ancho, una con 2m de alto y la otra con 2,1m de alto, apuntando hacia el E la puerta principal y hacia el O la secundaria.

Ventanas

Se tienen 10 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.19.

Tabla A.19. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente y donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Fija	Centrada	Sin	1,57	1,69
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,05	1,15
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO HUM	Proyectante	Centrada	Sin	0,50	0,50
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO HUM	Abatir	Centrada	Sin	0,80	0,52
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,08	1,20
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,08	1,20
VM	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	MURO SECO	Proyectante	Centrada	Sin	1,00	0,50

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.19. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco metálico y sin rotura de puente térmico (RPT)

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizaron medidas hechas en la vivienda para cada una de las ventanas.

En la tabla A.20. se muestran los resultados.

Tabla A.20. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1		FAV 2 Izquierda	
D	L	P	S
2,4	0,4		
0,1	0,4		
2,4	0,4		
2,4	0,3		
0,1	0,3		
0,1	0,4	0,4	0,6
0,9	0,4		

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla F.8. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 2 – Derecha, ni FAV 3.

Techos

La evaluación de los techos se hace de manera similar a la utilizada en los muros, la diferencia radica en que los valores considerados para la resistencia superficial interior y exterior en la ecuación cambian, de acuerdo con lo visto (flujo horizontal y flujo ascendente).

Tabla A.21. U de los techos.

	Techo 1.1	Techo 1.2
U [W/Km ²]	2,77	2,72
U pond [W/Km ²]	2,72	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.21. se puede observar de manera análoga al cálculo de los muros, que se tiene techo único con dos subdivisiones.

El techo único corresponde a un cielo de tinglado de pino ¾", unido a unas costaneras metalcón de en suma 20cm, formando una cámara de aire no ventilada ente los elementos del entretecho.

Se consideró una distribución de 5% para el cielo con presencia de costanera metalcon y 95% para cielo raso sin elementos estructurales

En la tabla A.22 se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Tabla A.22. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
1	Pesado	23,29	2,72	No ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

La vivienda cuenta con un piso único. Que se encuentra sobre radier, por lo que se calcula de la misma forma que el anterior. Considerando un radier de 8cm y un relleno de material estabilizado de 30cm bajo el radier, todo especificado en sus ETT correspondientes.

$$Kl = 1.2 W/mK$$

El que se define de acuerdo con el perímetro del piso de la vivienda que está en contacto con el aire exterior. El perímetro en contacto con el piso para esta vivienda corresponde a 27,4m

Modificaciones

Tabla A.23. Resumen de techo.

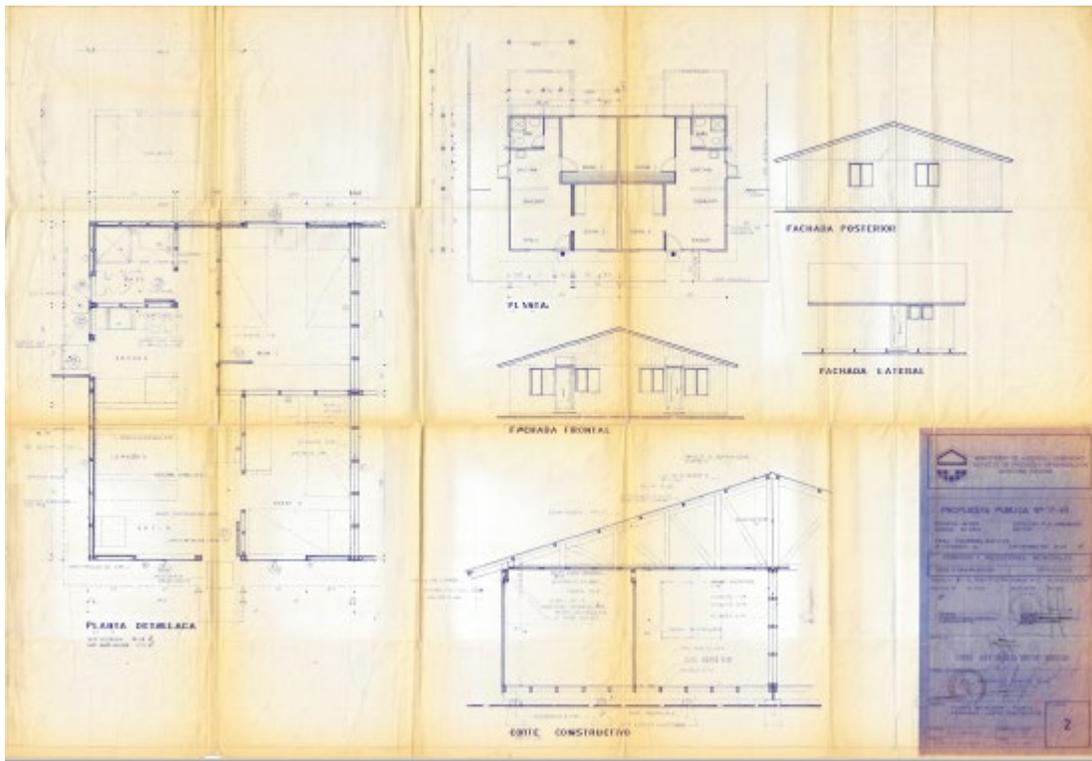
Localidad	Tipo vivienda	Tipo piso	Año construcción
Puerto Aysén – Puerto Chacabuco	Pareada	Piso radier	En 2000-2007
			Post 2007

Fuente: elaboración propia.

Para su adecuación a los criterios OGUC pasado el año 2000 y 2007 respectivamente, fue reemplazado el valor de la transmitancia por el requerido y supuesto una aislación de lana de vidrio para el crecimiento del muro sólido.

Vivienda 8, Comité Arturo Prat, Puerto Chacabuco [1990]

La planimetría y especificaciones técnicas de esta vivienda fueron entregadas por la DOM de Puerto Aysén, por su condición de pareada se uso como representante de esta tipología con piso ventilado.



Fuente: Planimetría entregada por DOM Puerto Aysén

Dimensiones

Tabla A.24. Dimensiones vivienda A.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	23,3	2,20	51,2
Total	40,86		89,89

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

Muros

Los muros están hechos de tabiquería de madera con viga de madera nativa con un ancho de 3". El revestimiento interior está compuesto por un aglomerado de madera de 8mm para zonas secas y cubierto por una capa de fibrocemento de 3,5mm. Hacia el exterior cubre la viga estructural con una capa de zinc de 0,4mm.

Tabla A.25. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Fibrocemento	0,23
Zinc	58
Aglomerado madera	0,103
Madera nativa	0,145
	R [m² K/W]
Cámara de aire	0,15

Fuente: elaboración propia.

Se consideró la presencia de cámara de aire al interior de la tabiquería, la cual aporta con una resistencia acorde a la norma Nch853, de la misma forma que las viviendas anteriores

Tabla A.26. U del muro en la vivienda

	Muro Húmedo.1	Muro Humedo.2	Muro Seco.1	Muro Seco.2
U [W/Km²]	1,27	2,36	1,29	2,45
U pond [W/Km²]	2,27		2,20	

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que la vivienda uno, se utilizarán la proporción de 15-85% de tabiquería estructural-Cámara de aire. La tabla anterior muestra los resultados desprendidos de ello.

En la tabla A.27. se presenta un resumen de la materialidad de cada uno de los tipos de muros considerados.

En las tablas A.27 y A.28 se tiene el resumen de las características del muro y los puentes térmicos de acuerdo con lo requerido en el método de CEV. En total se tienen 5 muros dada la geometría de la vivienda.

Tabla A.27. Resumen muros.

Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1 MURO SECO	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Madera	7,0	2,3
2 MURO SECO	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Madera	9,3	2,3
3 MURO HUM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Madera	4,2	2,2
4 MURO HUM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Madera	3,4	2,2
5 MURO SECO	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Madera	8,0	2,3
6 Muro adiabático	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Pesado	16,7	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.28. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	9,6	5,1	2,3
2	5,2	3,8	
3	3,8	1,6	2,3
4	1,5	1,5	
5	5,8	3,6	4,5
6	7,4	7,4	2,3

Fuente: elaboración propia.

Puertas

De acuerdo con las especificaciones técnicas de la vivienda original existen 2 puertas, ambas son de madera solida de 2m de alto, de ancho 0,75m y 0,7m, apuntando hacia el N y hacia el E, respectivamente.

Ventanas

De acuerdo con las ETT, se tienen 5 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.19.

Tabla A.29. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azímüt	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,14	1,20
VM	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,30	1,20
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Fija	Centrada	Sin	0,70	0,57
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO HUM	Abatir	Centrada	Sin	0,70	0,57
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO HUM	Corredera	Centrada	Sin	1,14	1,20

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.29. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco metálico y sin rotura de puente térmico (RPT)

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizaron medidas hechas en la vivienda para cada una de las ventanas.

En la tabla A.30. se muestran los resultados.

Tabla A.30. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1	
D	L
1,3	0,5
0,7	0,5
0,1	0,5
0,1	0,5
2,9	0,5

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla F.8. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 2, ni FAV 3.

Techos

La evaluación de los techos se hace de manera similar a las viviendas anteriores, sin embargo, se utilizan 3 subelementos del techo. El .1 correspondiente a la fracción de techo con cielo raso y contacto con la cámara de aire, el .2 el cielo en contacto con las costaneras y el .3 el cielo en contacto con las cerchas.

Tabla A.31. U de los techos.

	Techo 1.1	Techo 1.2	Techo 1.3
U [W/Km ²]	2,64	0,93	0,93
U pond [W/Km ²]	2,27		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.31. se puede observar de manera análoga al cálculo de los muros, que se tiene techo único con dos subdivisiones.

El techo único corresponde a un cielo de tinglado de pino ¾", unido a unas costaneras de madera de 2" de ancho y unas cercas de 4".

Se consideró una distribución de 79,5% para el cielo raso, un 10,5 para el cielo unido a costaneras y un 8% para el cielo unido a cerchas

En la tabla A.32 se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Dimensiones

Tabla A.34. Dimensiones vivienda A.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	33,5	2,79	93,4
Piso 2	11,2	2,38	26,8
Total	44,73		120,19

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

Muros

Existen dos tipos de muro según su revestimiento interior, para zonas húmedas y zonas secas. Los muros no son de tabiquería si no que son TECNOPANELES, una placa hecha con dos placas de aglomerado OSB 11,1mm y entre ellas una capa de aislación de lana da vidrio 56mm. Al exterior se cubre con 6mm de fibrocemento, mientras al interior para la zona seca son 10mm de yeso cartón, mientras que para la zona húmeda son 15mm.

Tabla A.35. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Fibrocemento	0,23
Yeso Cartón	0,26
Aglomerado madera	0,103
Poliestireno expandido	0,0413

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.36. U del muro en la vivienda

	Muro húmedo	Muro seco
U [W/Km²]	0,548	0,554

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que la vivienda uno, se utilizarán la proporción de 15-85% de tabiquería estructural-Cámara de aire. La tabla anterior muestra los resultados desprendidos de ello.

En la tabla A.37 se tiene el resumen de las características del muro y los puentes térmicos de acuerdo con lo requerido en el método de CEV. En total se tienen 5 muros dada la geometría de la vivienda.

Tabla A.37. Resumen muros.

	Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1	MURO HUM	90° ≤ Az < 112,5°	E	Madera	5,1	0,5
2	MURO HUM	0° ≤ Az < 22,5°	N	Madera	13,8	0,5
3	MURO SECO	90° ≤ Az < 112,5°	E	Madera	10,8	0,6
4	MURO SECO	-180° ≤ Az < -157,5°	S	Madera	33,4	0,6
5	MURO SECO	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Madera	16,1	0,6
6	MURO SECO	0° ≤ Az < 22,5°	N	Madera	6,4	0,6
7	MURO HUM	-90° ≤ Az < -67,5°	O	Madera	3,5	0,5

Fuente: elaboración propia.

Puertas

La vivienda tiene dos puertas. La primera de madera sólida está orientada hacia el Este, teniendo 2m de alto y 0,85m de ancho, la segunda posee una superficie vidriada menor al 50%, de madera sólida con 2m de alto y 0,7m de ancho.

Ventanas

Se tienen 10 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.38.

Tabla A.38. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
DVH con 6mm	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	1,00	1,00
DVH con 6mm	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	1,00	1,00
DVH con 6mm	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	0,50	1,00
DVH con 6mm	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	0,50	1,00
DVH con 6mm	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	1,00	1,00
DVH con 6mm	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO SECO	Fija	Centrada	Con	1,00	0,50
DVH con 6mm	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO SECO	Fija	Centrada	Con	0,50	0,50
DVH con 6mm	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Abatir	Centrada	Con	1,00	1,20
DVH con 6mm	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Fija	Centrada	Con	1,00	0,50
DVH con 6mm	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	MURO HUM	Abatir	Centrada	Con	0,50	0,50
DVH con 6mm	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	MURO HUM	Abatir	Centrada	Con	0,50	1,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.38. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como DVH 6mm con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco de PVC.

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizó la planimetría ya obtenida:

En la tabla A.39. se muestran los resultados.

Tabla A.39. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha	
D	L	P	S	P	S
0,3	0,4	0,4	2,0		
0,3	0,4	0,4	3,0		
0,3	0,4				
0,3	0,4				
1,0	0,4			1,0	1,4
				1,5	1,0
2,9	0,4				
0,5	1,5			1,5	0,1
0,3	0,4	0,4	2,0		

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla A.38. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 3.

Techos

La evaluación de los techos se hace de manera similar a la utilizada en los muros, la diferencia radica en que los valores considerados para la resistencia superficial interior y exterior en la ecuación cambian, de acuerdo con lo visto en la figura F.10 (flujo horizontal y flujo ascendente).

En este caso existen 3 tipos de techo, en el primer piso existe ambiente húmedo y seco, con un techo sólido sin cámara de aire. En el segundo piso el techo presenta cámara de aire sin ventilaciones.

Tabla A.40. U de los techos.

	Techo húmedo	Techo seco	Techo 2do piso
U [W/Km ²]	0,252	0,253	0,221

Fuente: elaboración propia.

Los techos fueron calculados con ponderación 85-15%, considerando 15% la proporción del cielo que está en contacto con cerchas y costaneras.

En la tabla F.41 se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Tabla A.41. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
Húmedo	Liviano-otro	9,54	0,25	Sin camara	Cubierta normal
Seco	Liviano-Otro	14,34	0,25	Sin camara	Cubierta normal
2do piso	Liviano-Otro	11,20	0,22	No ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

La vivienda cuenta con un piso único. Que se encuentra sobre radier, por lo que se calcula de la misma forma que el anterior. Considerando un radier de 40cm y un relleno de material estabilizado de 60cm bajo el radier, todo especificado en sus ETT correspondientes.

$$Kl = 1.2 W/mK$$

El que se define de acuerdo con el perímetro del piso de la vivienda que está en contacto con el aire exterior. El perímetro en contacto con el piso para esta vivienda corresponde a 27,4m

Vivienda 10, Comité Nuevo Horizonte, Puerto Cisnes (2012)

La planimetría y especificaciones técnicas de esta vivienda fueron obtenidas desde la base de datos del SERVIU.



Fuente: Esquema obtenido a través de base de datos del SERVIU.

Dimensiones

Tabla A.42. Dimensiones vivienda A.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	50,6	2,31	116,8
Total	50,6		116,77

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

Muros

Existen dos revestimientos interiores. El muro es una tabiquería de madera de 60mm de ancho, el revestimiento exterior compuesto por capa de fibrocemento 6mm, una plancha OSB 9,5mm, capa de fibrocemento 8mm desde afuera hace el tabique. Como cubierta interior posee una capa de fibrocemento 6mm para uno de los ambientes y una capa fibrocemento 8mm, cubierto por fuera por terciado de pino 9mm. La tabiquería es hecha con madera de pino y al interior posee aislación de lana de vidrio.

Tabla A.43. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Fibrocemento	0,23
Madera Pino	0,104
Aglomerado madera	0,103
Lana de vidrio	0,042

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.44. U del muro en la vivienda

	Muro A.1	Muro A.2	Muro B.1	Muro B.2
U [W/Km²]	0,53	0,98	0,56	1,08
U pond [W/Km²]	0,60		0,64	

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que la vivienda uno, se utilizarán la proporción de 15-85% de tabiquería estructural-Cámara de aire. La tabla anterior muestra los resultados desprendidos de ello.

En las tablas A.17 y A.18 se tiene el resumen de las características del muro y los puentes térmicos de acuerdo con lo requerido en el método de CEV. En total se tienen 7 muros dada la geometría de la vivienda.

Tabla A.45. Resumen muros.

Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1 MURO HUM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Madera	1,9	0,6
2 MURO HUM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Madera	8,8	0,6
3 MURO SECO	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Madera	14,0	0,6
4 MURO SECO	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Madera	13,5	0,6
5 MURO SECO	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Madera	15,9	0,6
6 Muro adiabático	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Pesado	15,8	-
7 MURO SECO	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Madera	6,2	0,6

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.46. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	3,0	3,0	2,3
2	3,7	3,7	2,3
3	12,2	8,5	2,3
4	8,1	5,8	2,3
5	11,2	8,9	
6	9,6	9,6	2,3
7	2,7	2,7	

Fuente: elaboración propia.

Puertas

Existen 2 puertas, ambas son de madera solida con 2m de alto, 0,76m y 0,85m de ancho, apuntando hacia el Este y hacia el Sur respectivamente.

Ventanas

Se tienen 9 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.47.

Tabla A.47. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Sin	1,00	1,21
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO SECO	Abatir	Centrada	Sin	1,20	1,20
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO SECO	Abatir	Centrada	Sin	1,20	1,20
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,00	0,46
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO HUM	Corredera	Centrada	Sin	0,50	0,91
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO HUM	Corredera	Centrada	Sin	1,00	1,21
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Abatir	Centrada	Sin	1,00	1,21
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Abatir	Centrada	Sin	1,00	0,72
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	MURO SECO	Corredera	Centrada	Sin	1,00	1,21

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.47. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco de madera.

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizaron medidas hechas en la vivienda para cada una de las ventanas.

En la tabla A48. se muestran los resultados.

Tabla A.48. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha	
D	L	P	S	P	S
1,3	0,4				1,0
1,5	0,4				
0,8	0,4				0,7
0,5	0,4				
0,5	0,4				
0,5	0,4				
1,5	0,4				
1,1	0,4				
1,4	0,4	1,8	0,9		

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla F.8. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 3.

Techos

En esta vivienda existe la presencia de dos techos por su diferente cubierta interior, uno es para ambiente húmedo y otro seco.

Tabla A.49. U de los techos.

	Techo seco.1	Techo seco.2	Techo húmedo.1	Techo húmedo.2
U [W/Km ²]	0,563	1,08	0,533	0,978
U pond [W/Km ²]	0,64		0,60	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.21. se puede observar de manera análoga al cálculo de los muros, que se tiene techo único con dos subdivisiones.

Las subdivisiones .1 quieren decir la presencia de aislante sobre el cielo raso sin ningún elemento mediándolos, por otra parte, el .2 es el elemento donde el cielo junta con la cercha de 60mm. Se considera un espacio con cámara de aire ventilada.

En cuanto a la distribución se consideró un 85-15%, correspondiente a cielo raso y cielo con cercha respectivamente.

En la tabla A.50 se observa los valores del techo requeridos por la CEV.

Tabla A.50. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
1	Pesado	50,55	0,32	Ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

La vivienda cuenta con un piso único. Que se encuentra ventilado, por lo tanto se calcula de la misma forma que en vivienda 1, sin la consideración de cámara de aire de por medio.

Tabla A.51. U del piso ventilado.

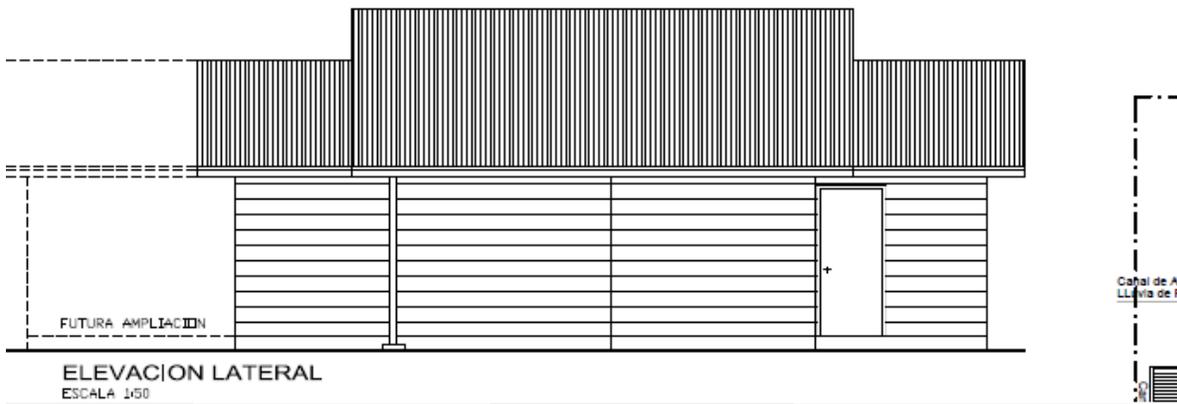
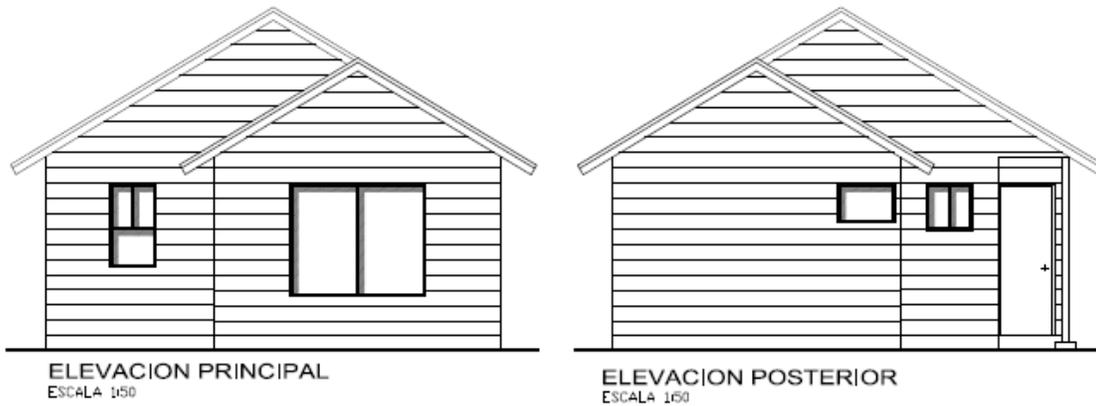
	Piso V 1.1	Piso V 1.2
R [W/Km²]	0,307	0,534
U pond [W/Km²]	0,34	

Fuente: elaboración propia.

Considerando la subelemento .1 como el que posee viga por debajo y el .2 con solo la cubierta del piso y utilizando una distribución de 85-15, respecto a los elementos con viga y cubierta de piso sola.

Vivienda 11, 127 viviendas sociales, Chile Chico (2015)

La planimetría y especificaciones técnicas de esta vivienda fueron obtenidas de la base de datos del SERVIU.



Fuente: Planimetría obtenidas de base de datos SERVIU

Dimensiones

Tabla A.52. Dimensiones vivienda A.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	46,7	2,4	112,0
Total	46,68		112,03

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

La vivienda es originalmente de tabiquería metálica, sin embargo y debido a las necesidades del proyecto por una tipología distinta. La vivienda se simuló en su geometría, pero con muros de albañilería y techumbre con cerchas de madera.

Muros

Existe un muro único, de albañilería, compuesto por ladrillo hecho a mano 15cm de ancho y capa de yeso a ambos lados de 0,5 mm.

Tabla A.53. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Ladrillo hecho a mano	0,5
Yeso Cartón	0,24
Madera Pino	0,104
Zinc	58

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.54. U del muro en la vivienda

Muro Húmedo.1	
U [W/Km ²]	1,30

Fuente: elaboración propia.

El muro es en su mayor parte homogéneo, por lo tanto solo ocuparemos la ecuación de conducción de calor.

Tabla A.55. Resumen muros.

Muro	Ángulo azimut	Orientación	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Pesado	24,3	1,3
2	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Pesado	14,7	1,3
3	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Pesado	24,3	1,3
4	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Pesado	14,7	1,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.56. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	19,7	7,2	14,9
2	6,3		3,9
3	12,5		15,0
4	6,1		6,1

Fuente: elaboración propia.

Puertas

Existen 2 puertas, ambas son de madera solida de 2m de alto, con 0,8m y 0,7m de ancho, apuntando hacia el Este y hacia el Sur respectivamente.

Ventanas

Se tienen 7 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.57.

Tabla A.57. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,10	0,60
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	UNICO	Abatir	Centrada	Sin	0,75	0,50
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,20	1,10
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,20	1,10
VM	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,20	1,10
VM	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,50	1,80
VM	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	UNICO	Corredera	Centrada	Sin	1,10	0,60

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.57. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco de madera.

Para el cálculo de los FAV (factor de acceso a la ventana) que son las sombras provocadas por obstáculos propios de la vivienda, se utilizaron medidas hechas en la vivienda para cada una de las ventanas.

En la tabla A.58 se muestran los resultados.

Tabla A.58. Cálculo de los FAV de las ventanas en metros.

FAV 1		FAV 2 Izquierda		FAV 2 Derecha	
D	L	P	S	P	S
1,3	0,5			2,1	0,4
0,6	0,5				
0,2	0,4				
0,2	0,4				
0,2	0,4				
1,0	0,5				
1,1	0,5	2,3	0,8		

Fuente: elaboración propia.

Siguen el mismo orden que las ventanas descritas en la tabla F.8. Ninguna de las ventanas presenta obstáculos de tipo FAV 3.

Techos

La vivienda se simula con cerchas y costaneras de madera. Tiene techo único con 3 subelementos, el .1 que corresponde al cielo raso en contacto con la cámara de aire, el .2 en contacto con las costaneras y el .3 en contacto con las cerchas.

Tabla A.59. U de los techos.

	Techo U.1	Techo U.2	Techo U.3
U	3,11	0,775	0,362
U pond	2,85		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.59. se puede observar de manera análoga al cálculo de los muros, que se tiene techo único con dos subdivisiones.

El cielo único es de yeso cartón 1cm, unido a unas costaneras de madera de pino con 2" de ancho y cerchas de 4" de ancho. Considerando para la ponderación un 5%, 5% y 90% para cielo raso, cielo con costanera y cielo con cerchas respectivamente.

En la tabla A.60. se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Tabla A.60. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
1	Madera	46,70	2,72	No ventilado	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

La vivienda cuenta con un piso único. Que se encuentra sobre radier, por lo que se calcula de la misma forma que el anterior. Considerando un radier de 10cm y un relleno de material estabilizado de 10cm bajo el radier, todo especificado en sus ETT correspondientes.

$$Kl = 1.2 \text{ W/mK}$$

El que se define de acuerdo con el perímetro del piso de la vivienda que está en contacto con el aire exterior. El perímetro en contacto con el piso para esta vivienda corresponde a 31,5

Modificaciones

Tabla A.61. Resumen simulaciones

Localidad	Tipo vivienda	Tipo piso	Año construcción
Puerto Aysén – Puerto Chacabuco	Pareada	Piso radier	Pre2000
			En 2000-2007
			Post2007

Fuente: elaboración propia.

Para su adecuación a los criterios OGUC pasado el año 2000 y 2007 respectivamente, fue reemplazado el valor de la transmitancia por el requerido y supuesto una aislación de lana de vidrio para el crecimiento del muro sólido.

Vivienda 12, 127 vivienda Adobe, Chile Chico (pre-2000)

La planimetría, medidas y ubicaciones de esta vivienda fueron experimentalmente obtenidas en la visita a terreno en Chile Chico.

Dimensiones

Tabla A.62. Dimensiones vivienda 12.

	Area [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Piso 1	18,8	2,30	43,1
Total	18,75		43,13

Fuente: elaboración propia.

Características térmicas de la envolvente.

Muros

La vivienda presenta un muro único consistente en adobe de 25cm de ancho.

Tabla A.63. Conductividad térmica del material y componentes.

Material	λ [W/mK]
Adobe	0,9

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.64. U del muro en la vivienda

Muro único	
U [W/Km²]	2,23

Fuente: elaboración propia.

El muro es un elemento homogéneo, las especificaciones de orientaciones están a continuación

Tabla A.65. Resumen muros.

Muro	Ángulo azimut	Orientación n	Densidad	Área [m ²]	U [W/m ² K]
1 MURO ADOBE	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	Pesado	10,5	2,2
2 MURO ADOBE	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	Pesado	5,0	2,2
3 MURO ADOBE	$-90^\circ \leq Az < -67,5^\circ$	O	Pesado	11,4	2,2
4 MURO ADOBE	$0^\circ \leq Az < 22,5^\circ$	N	Pesado	4,6	2,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.66. Puentes térmicos de cada muro [m].

	P01	P02	P03
1	10,5		8,4
2	5,1		3,0
3	8,4		8,5
4	3,0		3,0

Fuente: elaboración propia.

Puertas

Existen 2 puertas, ambas son de madera liviana enchapada, ambas de 2m de alto con 0,86m de ancho. Una de ellas orientada hacia el Oeste y la otra hacia el Norte.

Ventanas

Se tienen 3 ventanas y se definen de acuerdo con el método de CEV como se muestra en la tabla A.67.

Tabla A.67. Resumen de las ventanas y sus características.

Tipo Ventana	Azimut	Orientación	Elemento envolvente donde se encuentra	Tipo de Cierre de ventana	Posición Ventanal	Aislación Con/Sin retorno	Alto [m] (H)	Ancho [m] (W)
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO ADOBE	Fija	Exterior	Sin	1,05	1,25
VM	$90^\circ \leq Az < 112,5^\circ$	E	MURO ADOBE	Fija	Exterior	Sin	1,05	1,25
VM	$-180^\circ \leq Az < -157,5^\circ$	S	MURO ADOBE	Fija	Exterior	Sin	1,05	1,25

Fuente: elaboración propia.

En la tabla A.67. se muestran las características de cada ventana de acuerdo con lo requerido por el método CEV. Todas modeladas como vidrio monolítico, con las orientaciones como se muestra en la tabla. Se indica sobre qué muro se encuentra instalada de acuerdo con lo definido anteriormente. Se muestra el tipo de ventana y la posición relativa respecto al muro. Todas las ventanas consideran un marco de madera.

Ninguna ventana presentaba alguna obstrucción propia de la vivienda FAV1, FAV2 o FAV3.

Techos

El techo de la vivienda presenta mucha ventilación, por lo que se considera el desarrollo para una cámara de aire con estas características. El cielo se sostiene en vigas, por lo que tenemos dos elementos que conforman en techo

Tabla A.68. U de los techos.

	Único.1	Único.2
U [W/Km ²]	4,19	1,56
U pond [W/Km ²]	4,03	

Fuente: elaboración propia.

Con el elemento .1 correspondiente al cielo sin viga sosteniéndole, y el .2 al cielo con la viga. El cielo corresponde a un tablero de aglomerado de fibras (cholguan) y las vigas corresponden a postes circulares de madera de 3”.

En la tabla A.68 se observa los valores del techo requeridos por la CEV

Tabla A.69. Resumen de techo.

Techos	Densidad Techo	Área (m ²)	U [W/m ² K]	Cámaras de aire	Tipo de cubierta
Único	Madera	18,75	4,03	Ventilada	Cubierta normal

Fuente: elaboración propia.

Pisos

La vivienda cuenta con un piso único. El piso consiste en un radier sin cubierta de 5cm sobre un entramado de piedra laja de 10cm. Con ello definimos:

$$Kl = 1.2 \text{ W/mK}$$

El que se define de acuerdo con el perímetro del piso de la vivienda que está en contacto con el aire exterior. El perímetro en contacto con el piso para esta vivienda corresponde a 20,5m.

Bibliografía ANEXO

INN (2007) NCh_0853 Acondicionamiento y envolvente térmicos de edificios

MINVU (2013) Manual CEV 2013

MINVU (2019) Manual CEV 2019

PDA Coyhaique - DS N°46 del 2016, Ministerio de Medio Ambiente

Manual de hermeticidad al aire de edificaciones



PROYECTO MAPAS DE CALOR EN LA REGIÓN DE AYSÉN

CASO DE ESTUDIO: PUERTO CISNES

ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE HOGARES

RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Sebastián Ibarra González
Departamento de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad de Aysén

Coyhaique, 03 de septiembre de 2021

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE HOGARES.....	4
1.	Caracterización de informantes	4
2.	Composición de los hogares.....	4
3.	Caracterización socioeconómica de los hogares.....	5
III.	CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA	8
1.	Caracterización general de la vivienda.....	8
2.	Materialidad de la construcción.....	8
3.	Tipo de aislación de la vivienda.....	9
4.	Modificaciones realizadas a la vivienda	10
IV.	CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS HOGARES.....	11
1.	Consumo energético para la cocción de alimentos	11
2.	Consumo energético para agua caliente sanitaria (ACS)	12
3.	Necesidad energética: calefacción domiciliaria	13
V.	HÁBITOS Y PERCEPCIONES SOBRE LA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA	17
VI.	CONCLUSIONES	20
	ANEXOS	22
1.	Tabla de tramos de ingresos por cantidad de miembros del hogar	22

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe tiene por objetivo describir las características energéticas de una muestra de hogares de la ciudad de Puerto Cisnes, región de Aysén. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Mapas de calor en la Región de Aysén”, el cual surge como iniciativa de colaboración entre la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de Aysén, la Universidad de Concepción, la Fundación Energía para Todos, la Universidad de Aysén y la Red de Pobreza Energética.

La caracterización de los hogares se realizó considerando las siguientes dimensiones: (i) composición del hogar; (ii) socio-económica; (iii) características de la vivienda; (iv) consumo energético para las necesidades de cocción de alimentos, agua caliente sanitaria y calefacción domiciliaria; (v) hábitos y percepciones sobre la calefacción domiciliaria.

Para medir estas dimensiones se elaboró un cuestionario, el cual se aplicó a una muestra de 60 hogares de la ciudad de Puerto Cisnes. La selección de los hogares encuestados se realizó a través de un muestreo intencionado no probabilístico. La aplicación se realizó de manera presencial durante el mes de febrero de 2021.

II. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE HOGARES

1. Caracterización de informantes

El cuestionario se aplicó a un representante del hogar que fuera mayor de edad. Considerando la totalidad de la muestra el promedio de edad de las y los informantes es de 48 años.

Tabla 1: Edad de los informantes

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad informante	60	19	86	48,57	14,226
N válido (según lista)	60				

En relación con el género, el 57% de los informantes se declaran de género femenino, el 42% de género masculino, y un caso se declara como de otro género.

Tabla 2: Género de los informantes

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Femenino	34	56,7	56,7
	Masculino	25	41,7	98,3
	Otro	1	1,7	100,0
	Total	60	100,0	

Del total de personas que respondieron el cuestionario el 82% se identifican como el o la jefe(a) de hogar.

Tabla 3: Relación del informante con el (la) jefe(a) de hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Jefe(a) de hogar	49	81,7	81,7
	Cónyuge de jefe de hogar	9	15,0	96,7
	Hijo(a) de jefe de hogar	2	3,3	100,0
	Total	60	100,0	

2. Composición de los hogares

El promedio de personas que residen permanentemente en los hogares encuestados es de 3,12 personas (s.d.=1,2), con un mínimo de 1 y un máximo de 6 personas por hogar. Un dato relevante es que del total de 60 hogares encuestados el 17% tienen uno o más niños o niñas menores de 5 años o menos. Por otra parte, el 17% de los hogares tienen entre sus miembros a uno o más personas de 65 años o más.

Esta caracterización también consideró la condición de salud de los miembros del hogar. El 21% de los hogares encuestados presentan algún miembro con enfermedades respiratorias, el 10% con algún miembro en condición de discapacidad y el 3% con algún miembro con una condición de salud electrodependiente.

Tabla 4: Condición de salud de los miembros del hogar

	No	Sí	Total
Hogares con miembros en condición de discapacidad	90%	10%	100%
Hogares con miembros con enfermedades respiratorias	78,3%	21,7%	100%
Hogares con miembros con condición de salud electrodependiente	96,7%	3,3%	100%

3. Caracterización socioeconómica de los hogares

La caracterización socioeconómica de los hogares se realizó considerando tres variables: nivel educacional y ocupación del principal sostenedor del hogar, y la ubicación del ingreso total del hogar en una escala de siete tramos diferenciada según la cantidad de miembros.

En el caso del nivel educacional del (la) sostenedor(a) del hogar, el 47% de los casos no terminaron la educación escolar, el 32% terminaron la educación escolar y el 21% restante han realizado de manera parcial o completa estudios de educación superior.

Tabla 5: Nivel educacional de principal sostenedor(a) del hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Sin estudios formales	2	3,3	4,1	4,1
	Básica incompleta; primaria o preparatorio incompleta	8	13,3	16,3	20,4
	Básica completa; primaria o preparatoria completa	9	15,0	18,4	38,8
	Media científico humanista o media técnico profesional incompleta; humanidades incompletas	4	6,7	8,2	46,9
	Media científico humanista o media técnico profesional completa; humanidades completas	16	26,7	32,7	79,6
	Instituto técnico profesional completo (carreras de 1 a 3 años); hasta suboficial de FFAA y Carabineros	2	3,3	4,1	83,7
	Universitaria incompleta (carreras de 4 años o más)	2	3,3	4,1	87,8
	Universitaria completa (carreras de 4 años o más); oficial de FFAA y Carabineros	6	10,0	12,2	100,0
	Total	49	81,7	100,0	
Perdidos	NS/NR	11	18,3		
Total		60	100,0		

En cuanto a la ocupación del o la principal sostenedor(a) del hogar, las categorías que acumulan mayores porcentajes son la de “trabajador no calificado” (26,5%) y el de “agricultores y trabajadores agropecuarios y pesqueros” (18,4%).

Tabla 6: Ocupación de principal sostenedor/a del hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Trabajadores no calificados en ventas y servicios, peones agropecuarios, forestales, construcción, etc.	13	21,7	26,5	26,5
	Obreros, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	6	10,0	12,2	38,8
	Trabajadores de servicios y vendedores de comercio y mercados	4	6,7	8,2	46,9
	Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	9	15,0	18,4	65,3
	Operadores de instalaciones y máquinas y montadores / conductores de vehículos	1	1,7	2,0	67,3
	Empleados de oficina públicos y privados	4	6,7	8,2	75,5
	Profesionales, científicos e intelectuales	2	3,3	4,1	79,6
	Alto ejecutivo de emp. privadas o públicas. Director o dueño de grandes empresas ...	2	3,3	4,1	83,7
	Otros grupos no identificados (incluye rentistas, incapacitados, etc.)	8	13,3	16,3	100,0
	Total	49	81,7	100,0	
Perdidos	NS/NR	11	18,3		
Total		60	100,0		

En cuanto al nivel de ingresos total en un mes promedio, los datos muestran que el 82% de los hogares que respondieron esta pregunta se ubican dentro de los tres tramos más bajos de ingresos¹.

¹ En el Anexo 1 se presenta la tabla de tramos de ingresos según cantidad de miembros del hogar.

Tabla 7: Tramos de ingresos mensual del hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1 (tramo de menor ingresos)	5	8,3	10,2	10,2
	2	12	20,0	24,5	34,7
	3	23	38,3	46,9	81,6
	4	5	8,3	10,2	91,8
	5	2	3,3	4,1	95,9
	6	2	3,3	4,1	100,0
	7 (tramo de mayor ingreso)	0	0	0	100,0
	Total	49	81,7	100,0	
Perdidos	NS/NR	11	18,3		
Total		60	100,0		

A partir de estas tres variables se calculó el grupo socioeconómico del hogar siguiendo la metodología propuesta por Asociación de Investigadores de Mercados (AIM, 2019)², siendo el grupo E el más bajo y el grupo AB el más alto. Considerando los casos con respuestas válidas, el 55% de los hogares se ubican en los dos grupos socioeconómicos más bajo (E y D).

Tabla 8: Clasificación socioeconómica del hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	E	7	11,7	14,3	14,3
	D	20	33,3	40,8	55,1
	C3	16	26,7	32,7	87,8
	C2	2	3,3	4,1	91,8
	C1b	3	5,0	6,1	98,0
	C1a	1	1,7	2,0	100,0
	Total	49	81,7	100,0	
Perdidos	NS/NR	11	18,3		
Total		60	100,0		

En los siguientes análisis se utilizará una versión recodificada de la variable grupo socioeconómico, la cual considera dos categorías. La primera categoría agrupa a los dos grupos socioeconómicos más bajos (E y D) y la segunda categoría agrupa el resto de los grupos socioeconómicos (C3, C2, C1b y C1a).

² Clasificación de grupos socioeconómicos y manual de aplicación. Actualización 2019. <https://www.aimchile.cl/wp-content/uploads/2020/07/Actualización-y-Manual-GSE-AIM-2019-1.pdf>

III. CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Un aspecto clave de la caracterización energética de los hogares es la eficiencia energética de la vivienda. Si bien el cuestionario aplicado no permite realizar una calificación energética propiamente tal, si aporta información respecto al tipo de vivienda, el año de construcción, el tamaño, las modificaciones realizadas, el material de construcción y sus condiciones de aislamiento.

1. Caracterización general de la vivienda

Del total de los hogares encuestados en Puerto Cisnes, el 100% corresponden a viviendas de tipo “aislada”, de las cuales el 57% son de un piso y el 43% de dos pisos. En cuanto al año de construcción, el 47% de las viviendas fueron construidas antes del año 2000, el 23% entre el 2000 y el 2007, y el 23% después del año 2007.

Tabla 9: Año de construcción de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Antes del 2000	28	46,7	46,7
	Entre el 2000 y el 2007	14	23,3	70,0
	Después del 2007	14	23,3	93,3
	NS/NR	4	6,7	100,0
	Total	60	100,0	

En relación con el tamaño de las viviendas (sin incluir terrazas abiertas, jardines y sótanos no habitables), el 43,3% de las viviendas tienen un tamaño igual o menor a 60 metros cuadrados, el 43,3% entre 61 y 100 metros cuadrados, y sólo el 13,4% tiene un tamaño superior a los 100 metros cuadrados.

Tabla 10: Tamaño de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Menos de 30 mts.	4	6,7	6,7	6,7
	De 31 a 60 mts.	22	36,7	36,7	43,3
	De 61 a 100 mts.	26	43,3	43,3	86,7
	De 101 a 150 mts.	7	11,7	11,7	98,3
	Más de 151 mts.	1	1,7	1,7	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

2. Materialidad de la construcción

La materialidad de construcción de la vivienda se evaluó para los muros, cielo raso y piso de la vivienda. En el caso de los muros de las viviendas el material predominante es la tabiquería de madera (88%).

Tabla 11: Material de los muros de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Tabiquería madera	53	88,3	88,3
	Tabiquería metálica	7	11,7	100,0
	Total	60	100,0	

En cuanto al cielo raso el material predominante también es la estructura de madera: 90% de las viviendas.

Tabla 12: Material del cielo raso de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Cielo raso estructura de madera	54	90,0	90,0
	Cielo raso estructura metálica	6	10,0	100,0
	Total	60	100,0	

Finalmente, en el 93% de las viviendas el material predominante también es la madera o sus derivados en distintos formatos: parquet, madera, piso flotante o similar.

Tabla 13: Material del piso de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Parquet, madera, piso flotante o similar	56	93,3	93,3
	Alfombra o cubrepiso	1	1,7	95,0
	Baldosa de cemento	1	1,7	96,7
	Radier	2	3,3	100,0
	Total	60	100,0	

3. Tipo de aislación de la vivienda

En relación con la aislación de la vivienda se midió la situación de los muros, el techo y el piso. En el caso de los muros el 9% de los encuestados que respondieron la pregunta señalan que no tiene ningún tipo de aislación, mientras que el 91% restante señala algún material de aislación. En el caso del techo de la vivienda el porcentaje de hogares sin ningún tipo de aislación llega al 22%, mientras que en el caso del piso el 42% de los hogares que responden la pregunta señalan que no tiene ningún material de aislación.

En cuanto a la aislación de las ventanas se consultó por el tipo de vidrio y de marco. El 83% de las viviendas tienen un vidrio simple, y sólo el 17% restante cuenta con un vidrio doble o de termo panel. En cuanto al tipo de marco de las ventanas, tiende a predominar el marco de aluminio (38%) y el marco de madera (33%), con una menor presencia de marcos de PVC (28%).

Tabla 14: Tipo de marco de la mayoría de las ventanas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Marco aluminio	23	38,3	38,3
	Marco madera	20	33,3	71,7
	Marco PVC	17	28,3	100,0
	Total	60	100,0	

4. Modificaciones realizadas a la vivienda

Finalmente, esta caracterización de la vivienda consideró las modificaciones realizadas a la construcción: en el 72% de los hogares se declara que se han realizados modificaciones a la vivienda. De estos casos el 56% declara que en estas modificaciones se conservó el estándar de materialidad original de la vivienda.

Tabla 15: ¿Se han realizado modificaciones en su vivienda?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Sí	43	71,7	71,7
	No	17	28,3	100,0
	Total	60	100,0	

Considerando los hogares que han realizado modificaciones en sus viviendas (42 casos) se indagó en el tipo de modificación y en los lugares en que éstas se han efectuado.

Tabla 16: Tipos y lugares de modificación de las viviendas

	Sí	No	Total
Ampliación de dormitorios	62%	38%	100%
Ampliación de cocina	31%	69%	100%
Ampliación de comedor	24%	76%	100%
Ampliación de baños	26%	74%	100%
Mejora en techumbre	19%	81%	100%
Mejora en aislación de muros	33%	67%	100%
Mejora en puertas y ventanas	33%	67%	100%
Mejora en el piso	12%	88%	100%

IV. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS HOGARES

El consumo energético de los hogares se midió en relación con tres necesidades energéticas: cocción de alimentos, agua caliente sanitaria, y calefacción domiciliar. En cada caso se indaga en el tipo de artefacto y en el tipo de combustible o fuente de energía utilizado en los hogares.

1. Consumo energético para la cocción de alimentos

Los principales artefactos que utilizan los hogares para la cocción de alimentos son la cocina a gas y a leña. El 50% de los hogares encuestados ocupan sólo cocina a gas, mientras que el 20% ocupan sólo cocina a leña. Un dato interesante es que el 28% de los hogares ocupan ambos tipos de artefactos. El único caso que utiliza otro tipo de artefacto corresponde a una cocina a pellets.

Tabla 17: Artefacto principal que se utiliza para cocinar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Cocina a gas	30	50,0	50,0
	Cocina a leña	12	20,0	70,0
	Otro	1	1,7	71,7
	Cocina a gas y cocina a leña	17	28,3	100,0
	Total	60	100,0	

El análisis de asociación a través de la prueba estadística de Chi-Cuadrado indica que esta variable presenta una asociación estadísticamente significativa con la variable grupo socioeconómico recodificado en dos categorías (Chi-cuadrado=8,119; sig.= 0,044)³. De acuerdo a este análisis en los grupos socioeconómicos de menos ingresos (E y D) hay una tendencia más fuerte a combinar aparatos para la cocción de alimentos, mientras que en los grupos socioeconómicos de mayores ingresos hay una tendencia al uso de la cocina a gas como único artefacto.

³ Este análisis debe interpretarse con precaución ya que hay casillas que tienen menos de 5 casos.

Tabla 18: Artefacto principal que se utiliza para cocinar / GSE (rec)

			¿Qué artefacto utiliza habitualmente para cocinar?				Total
			Cocina a gas	Cocina a leña	Otro	Cocina a gas & Cocina a leña	
GSE hogar	E+D	Recuento	9	7	0	11	27
		% dentro de GSE	33,3%	25,9%	,0%	40,7%	100,0%
	C3+C2+C1b+C1a	Recuento	15	2	1	4	22
		% dentro de GSE	68,2%	9,1%	4,5%	18,2%	100,0%
Total		Recuento	24	9	1	15	49
		% dentro de GSE	49,0%	18,4%	2,0%	30,6%	100,0%

En concordancia con el tipo de artefacto, los principales combustibles o fuentes de energía utilizados para la cocción de alimentos son el gas licuado (52%) y la leña (20%). Además, el 27% de los hogares utilizan ambos tipos de fuentes de energía.

Tabla 19: Combustible o fuente de energía usado habitualmente para cocinar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Gas licuado	31	51,7	51,7
	Leña	12	20,0	71,7
	Pellets o derivados de la madera	1	1,7	73,3
	Gas licuado & Leña	16	26,7	100,0
	Total	60	100,0	

2. Consumo energético para agua caliente sanitaria (ACS)

En los hogares encuestados el principal artefacto que se utiliza para obtener ACS es el calefón (87%), seguido muy por debajo por el bullón (8%). Del total de casos existe un hogar que utiliza otro artefacto (olla de cocina), mientras que existe otro hogar que declara no tener ningún sistema para calefaccionar agua.

Tabla 20: Artefacto principal que se utiliza para ACS

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado válido
Válidos	Calefón	52	86,7	88,1
	Bullón	5	8,3	96,6
	Ninguno	1	1,7	98,3
	Otro	1	1,7	100,0
	Total	59	98,3	
Perdidos	NS/NR	1	1,7	
Total		60	100,0	

En cuanto al combustible o fuente de energía utilizado para calentar agua, la principal fuente es el gas licuado (87%), seguido por la leña (10%).

Tabla 21: Combustible o fuente de energía usado habitualmente para ACS

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado válido
Válidos	Gas licuado (cilindro)	52	86,7	88,1
	Leña	6	10,0	98,3
	No tiene sistema	1	1,7	100,0
	Total	59	98,3	
Perdidos	NS/NR	1	1,7	
Total		60	100,0	

En este caso se calculó el gasto anual de los hogares en ACS. Este cálculo se realizó en función de cinco preguntas: (i) formato en que adquiere el combustible o fuente de energía; (ii) unidad de medida; (iii) cantidad de cada compra; (iv) precio unitario de cada compra; (v) frecuencia de compra. Los resultados de este cálculo indican un rango de gastos que va desde los \$40.000 a los \$720.000, siendo el gasto promedio anual de \$288.322 (s.d.= \$151.158).

Tabla 22: Gasto anual en ACS

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Agua caliente sanitaria: costo anual	56	40000	720000	288322,6	151158,14

El promedio del gasto anual en ACS no varía significativamente según el grupo socioeconómico del hogar.

Tabla 23: Gasto anual en ACS / GSE (rec)

Grupo socioeconómico del hogar (rec)	N	Media	Desv. típ.
E+D	24	290.975	138908,78
C3+C2+C1b+C1a	22	286.030	178791,07
Total	46	288.610	157435,82

3. Necesidad energética: calefacción domiciliaria

En relación con el artefacto utilizado para la calefacción el primer dato es que en promedio los hogares utilizan 1,32 artefactos (s.d.=0,56). El 73% de los hogares ocupan un artefacto, el 22% ocupa dos artefactos y solo tres casos (5%) ocupan tres artefactos distintos.

Para evaluar el uso de distintos tipos de artefactos se utilizó una respuesta múltiple, ya que algunos encuestados marcaron más de una opción. Los resultados de esta pregunta indican que en el 62% de los hogares se ocupa estufa a leña de cámara simple y en el 30% estufa a leña de doble cámara y en menor medida la cocina (13%), la estufa a gas (12%) y la estufa a pellets (12%).

Tabla 24: Artefacto utilizado habitualmente para calefaccionar la vivienda (Respuesta Múltiple)

	Respuestas "Sí"		Porcentaje de casos (respuesta "sí")
	Nº	Porcentaje	
Artefacto de calefacción: estufa cámara simple	37	46,8%	61,7%
Artefacto de calefacción: estufa doble cámara	18	22,8%	30,0%
Artefacto de calefacción: salamandra	1	1,3%	1,7%
Artefacto de calefacción: cocina	8	10,1%	13,3%
Artefacto de calefacción: estufa a gas	7	8,9%	11,7%
Artefacto de calefacción: estufa a parafina	1	1,3%	1,7%
Artefacto de calefacción: estufa a pellets	7	8,9%	11,7%
Total	79	100,0%	131,7%

Al analizar estos datos según el grupo socioeconómico del hogar se observa que en los grupos de menos ingresos (E y E) hay una tendencia a concentrarse en la estufa a cámara simple: el 70% de los hogares de estos grupos utilizan una estufa de este tipo. En contrapartida, en los otros grupos socioeconómico se observa una mayor dispersión en las respuestas y adquiere relevancia la estufa a pellets como artefacto de calefacción: el 32% de los hogares de estos grupos socioeconómicos utilizan este tipo de artefacto.

Tabla 25: Artefacto utilizado habitualmente para calefaccionar la vivienda (Respuesta Múltiple) / GSE (rec)*

			GSE (rec)		Total	
			E+D	C3+ C2+C1b+C1a		
Artefacto de calefacción**	Estufa a cámara simple	Recuento	19	10	29	
		% dentro de GSE (rec)	70,4%	45,5%		
	Estufa a cámara doble	Recuento	4	5	9	
		% dentro de GSE	14,8%	22,7%		
	Salamandra	Recuento	0	1	1	
		% dentro de GSE (rec)	,0%	4,5%		
	Cocina	Recuento	4	3	7	
		% dentro de GSE (rec)	14,8%	13,6%		
	Estufa a gas	Recuento	2	3	5	
		% dentro de GSE (rec)	7,4%	13,6%		
	Estufa a pellets	Recuento	0	7	7	
		% dentro de GSE (rec)	,0%	31,8%		
	Total		Recuento	27	22	49

*Los porcentajes y los totales se basan en los encuestados.

**Agrupación de dicotomías. Tabulado el valor 1 (respuesta "Sí").

En cuanto al combustible o fuente de energía utilizado para calefaccionar la vivienda, la principal fuente de energía es la leña, la cual se ocupa en el 92% de los hogares, seguido muy por debajo por el gas licuado (12% de los hogares) y el pellets (10% de los hogares)

Tabla 26: Combustible o fuente de energía usado habitualmente para calefaccionar la vivienda (Respuesta Múltiple)

	Respuestas "Sí"		Porcentaje de casos (respuesta "sí")
	Nº	Porcentaje	
Gas licuado (cilindro)	7	10,1%	11,7%
Parafina o petróleo	1	1,4%	1,7%
Leña	55	79,7%	91,7%
Pellets	6	8,7%	10,0%
Total	69	100,0%	115,0%

Teniendo en cuenta la relevancia de la calefacción en la región de Aysén y la extensión de su uso durante gran parte del año, un factor clave de esta caracterización energética de los hogares es el nivel de gasto en cubrir la necesidad de calefacción domiciliaria. En este estudio el cálculo del gasto anual en calefacción de los hogares se realizó a partir de cinco variables que se consultaron directamente a las y los informantes claves: (i) formato en que adquiere la fuente de energía; (ii) unidad de medida en que se realiza cada compra; (iii) cantidad de cada compra; (iv) precio unitario de cada compra; (v) frecuencia de compra. Los resultados de este cálculo indican un rango de gasto anual que va desde los \$35.000 al \$1.260.000, siendo el gasto promedio anual de \$460.698 (s.d.= \$274.211).

Tabla 27: Gasto anual en calefacción domiciliaria

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Calefacción de la vivienda: costo anual	55	35000	1260000	460698,18	247211,66

Considerando la variable recodificada de grupos socioeconómicos se puede observar que el promedio anual de gasto en calefacción no varía significativamente entre los grupos comparados.

Tabla 28: Gasto anual en calefacción domiciliaria / GSE (rec)

Grupo socioeconómico del hogar (rec)	N	Media	Desv. típ.
E+D	25	442280,00	204578,738
C3+C2+C1b+C1a	19	453126,32	278032,270
Total	44	446963,64	236110,145

Adicionalmente, y considerando sólo a los hogares de los grupos socioeconómicos E y D se realizó un ejercicio de estimación de la proporción del gasto mensual destinado a la calefacción domiciliaria. Para realizar este cálculo se consideró el valor máximo del tramo de ingresos en el que se ubica cada hogar (ver anexo 1), y se dividió el gasto anual en 12 meses. Considerando estos 25 casos correspondientes a los hogares de los grupos socioeconómicos E y D, el porcentaje mínimo del ingreso mensual destinado a calefacción domiciliaria es de 0,5%, mientras que el porcentaje

máximo es de 33%, siendo el promedio de 8,33%. En resumen, el 76% de estos hogares destinan menos del 10% de sus ingresos mensuales a la calefacción de sus viviendas, mientras que el 24% restante gasta más del 10% de sus ingresos mensuales en calefacción, lo cual se puede considerar como indicador de pobreza energética en su dimensión equidad⁴.

Tabla 29: Estimación del porcentaje del ingreso mensual destinado a calefacción

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Porcentaje del ingreso mensual gastado en calefacción (hogares GSE E y D)	25	,53	33,33	8,3324	6,90372

Finalmente, en la caracterización de los gastos de los hogares en calefacción, se consultó si el hogar era beneficiario del bono leña: el 47% de los hogares recibe este bono, mientras que 53% no lo recibe. En el caso de los grupos socioeconómicos de menores ingresos (E y D) el 74% de los hogares reciben, mientras que en el resto de los grupos socioeconómicos el porcentaje que recibe este beneficio es de 32%.

⁴ Red de Pobreza Energética (2019). *Acceso equitativo a energía de calidad en Chile. Hacia un indicador territorializado y tridimensional de pobreza energética*. Documento de Trabajo N° 5, Santiago de Chile.

V. HÁBITOS Y PERCEPCIONES SOBRE LA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA

El primer aspecto que se evaluó respecto a los hábitos de calefacción fue el periodo en que los hogares usan la calefacción. Según los datos disponible el periodo de uso se extiende mayormente entre los meses de marzo y diciembre. Sin embargo, en los meses de enero y febrero aproximadamente un 60% de los hogares siguen utilizando la calefacción.

Tabla 30: Periodo de uso de la calefacción

	Sí	No	Total
Hogares que usan calefacción en mes: Enero	61,7%	38,3%	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Febrero	65%	35%	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Marzo	95%	5%	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Abril	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Mayo	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Junio	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Julio	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Agosto	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Septiembre	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Octubre	100%	-	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Noviembre	93,3%	6,7%	100%
Hogares que usan calefacción en mes: Diciembre	81,7%	18,3%	100%

En relación con el confort térmico de los hogares se evaluaron tres aspectos. En primer lugar, se evaluó el nivel de satisfacción que las personas tienen con sus sistemas de calefacción. Los resultados indican que existe un alto grado de satisfacción: el 78% de los encuestados se declaran como “satisfechos” o “muy satisfechos” con el sistema de calefacción de sus viviendas.

Tabla 31: Satisfacción con el sistema de calefacción de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy insatisfecho	2	3,3	3,3
	Insatisfecho	6	10,0	13,3
	Ni satisfecho ni insatisfecho	5	8,3	21,7
	Satisfecho	37	61,7	83,3
	Muy satisfecho	10	16,7	100,0
	Total	60	100,0	

En esta misma línea se consultó a los encuestados sobre su disposición a cambiar su actual sistema de calefacción: en el 57% de los casos la respuesta fue negativa, mientras que el 43% restante se declaró dispuesto a cambiar su sistema de calefacción.

El segundo aspecto que se evaluó fue la sensación de frío al interior de la vivienda. Tomando como referencia el último invierno, los datos indican que el 10% de los encuestados sintieron frío en todas las habitaciones, y el 50% en alguna de las habitaciones. El 40% de los encuestados declararon no haber sentido frío al interior de sus viviendas durante el último invierno

Tabla 32: Durante el último invierno, ¿sintió frío al interior de su vivienda?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Sí, en todas las habitaciones	6	10,0	10,0
	Sí, solo en algunas habitaciones	30	50,0	60,0
	No sentí frío al interior de la vivienda	24	40,0	100,0
	Total	60	100,0	

El análisis de asociación a través de la prueba estadística de Chi-Cuadrado indica que esta variable presenta una asociación estadísticamente significativa con la variable año de construcción de la vivienda (Chi-cuadrado=9,678; sig.= 0,046)⁵. De acuerdo a este análisis la ausencia total de sensación de frío aumenta a medida que la construcción de la vivienda es más nueva.

Tabla 33: Durante el último invierno, ¿sintió frío al interior de su vivienda?

			¿Sintió frío al interior de su vivienda?			Total
			Sí, en todas las habitaciones	Sí, solo en algunas habitaciones	No sentí frío al interior de la vivienda	
Año de construcción de la vivienda	Antes del 2000	Recuento	2	19	7	28
		% dentro de Año de construcción	7,1%	67,9%	25,0%	100%
	Entre el 2000 y el 2007	Recuento	2	7	5	14
		% dentro de Año de construcción	14,3%	50,0%	35,7%	100%
	Después del 2007	Recuento	1	3	10	14
		% dentro de Año de construcción	7,1%	21,4%	39,3%	100%
Total		Recuento	8,9%	51,8%	39,3%	100%

Otro de los aspectos que se evaluó en relación con el confort térmico de las viviendas dice relación con las limitaciones económicas para acceder a la calefacción de la vivienda. En este aspecto, el 28% de los encuestados declararon que durante el último invierno se vio en la necesidad de limitar el uso de la calefacción por motivos económicos, mientras que el 72% restante no ha debido restringir su calefacción por motivos económicos.

⁵ Este análisis debe interpretarse con precaución ya que hay casillas que tienen menos de 5 casos.

Al analizar esta variable con el grupo socioeconómico del hogar no se observa una asociación estadísticamente significativa. Sin embargo, y considerando el limitado tamaño de la muestra de este estudio, se observan tendencias interesantes: en los grupos socioeconómicos de menores ingresos (E y D) la limitación económica llega al 37% de los hogares, mientras que en el resto de los grupos socioeconómicos esa limitación sólo llega al 23% de los hogares.

Tabla 34: Durante el último invierno, ¿se vio en la necesidad de limitar el uso de la calefacción por motivos económicos? / GSE (rec)

			Durante el último invierno, ¿se vio en la necesidad de limitar el uso de la calefacción por motivos económicos?		Total
			No	Sí	
GSE (rec)	E+D	Recuento	17	10	27
		% dentro de GSE (rec)	63,0%	37,0%	100%
	C3+C2+C1b+C1a	Recuento	17	5	22
		% dentro de GSE (rec)	77,3%	22,7%	100%
Total		Recuento	34	15	49
		% dentro de GSE (rec)	69,4%	30,6%	100%

Finalmente, se evaluó la percepción subjetiva de los encuestados respecto a la calidad del aire, considerando tres espacios: la ciudad, el barrio y al interior de la vivienda. Los resultados muestran que en general la percepción de una mala calidad del aire en la ciudad de Puerto Cisnes no es generalizada, alcanzado a sólo el 13% de los encuestados. Además, la percepción de la calidad del aire mejora en la medida que se evalúa el entorno espacial más cercano. Así, a nivel de la vivienda la percepción negativa de la calidad del aire alcanza a sólo el 2% de los encuestados, en contrapartida al 90% que considera que la calidad del aire al interior de la vivienda es “buena” o “muy buena”.

Tabla 35: Percepción subjetiva de la calidad del aire

	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	Total
En la ciudad	1,7%	11,7%	33,3%	45%	8,3%	100%
En el barrio		11,7%	33,3%	45%	10%	100%
Al interior de la vivienda		1,7%	8,3%	68,3%	21,7%	100%

VI. CONCLUSIONES

Estas conclusiones resumen algunos de los principales hallazgos de este estudio:

1. El 70% de las viviendas encuestadas fueron construidas con anterioridad al año 2007, es decir, antes de la entrada en vigencia de la reglamentación térmica vigente. Las principales carencias en cuanto a aislación térmica se encuentran en el techo, piso y ventanas de las viviendas.
2. En cuanto al consumo de energía para la cocción de alimentos los artefactos principales son la cocina a gas y la cocina a leña. En el caso de los grupos socioeconómicos de menores ingresos se observa una tendencia más fuerte a la combinación de ambos artefactos.
3. En cuanto al consumo de energía para el agua caliente sanitaria tiende a primer el uso de calefón y del gas licuado como combustible. El gasto promedio anual en este ítem es de \$288.322.
4. En cuanto al consumo de energía para la calefacción domiciliaria hay una mayor diversificación de artefactos, tendiendo a primar las estufas a leña, la cocina a leña, la estufa a gas y la estufa a pellets. En el caso de los grupos socioeconómicos de menores ingresos el consumo energético tiende a concentrarse en aparatos que utilizan leña como fuente de energía: de los 27 aparatos disponibles, 25 corresponden a aparatos a leña. En contrapartida, en los grupos socioeconómicos más altos existe una tendencia hacia la diversificación de las fuentes de energía, volviéndose más frecuente el uso de la estufa a gas y de aparatos que utilizan derivados de la madera (pellets).
5. El gasto promedio anual en calefacción de las viviendas es de \$460.698. Este promedio no varía significativamente entre los grupos socioeconómicos. Sin embargo, en los grupos socioeconómicos más bajos (E y D) este gasto impacta más en los presupuestos familiares. Realizando una estimación en la que se considera el máximo nivel de ingresos mensuales de los hogares de estos grupos socioeconómicos (25 casos), se determinó que en el 24% de los casos (n=6) el gasto en calefacción supera el 10% de su ingreso mensual estimado, lo cual los posicionaría en una situación de pobreza energética por equidad en el gasto.
6. En relación con este gasto en calefacción, un 28% de los hogares encuestados declaran restringir el uso de la calefacción por motivos económicos, y además este problema que refleja la pobreza energética del hogar tiende a profundizarse en los hogares de los niveles socioeconómicos más bajos (37%).
7. Tal como lo ha planteado la Red de Pobreza Energética (2009) el gasto efectivo en energía no es sinónimo de la satisfacción de las necesidades energéticas ni de alcanzar niveles de confort térmico adecuado. Los resultados de este estudio muestran que esto es particularmente relevante en la región de Aysén. En el caso de Puerto Cisnes el 10% de los hogares encuestados señalan que han pasado frío en todas las habitaciones y el 50% solo en algunas habitaciones.

Esto significa que en el 60% de los hogares hay algún indicio de déficit de confort térmico, el cual se agrava en las viviendas que fueron construidas antes del año 2000.

8. Se observa una alta satisfacción con los sistemas de calefacción que actualmente se usan en los hogares: 78% se declaran “satisfechos” o “muy satisfechos”. Sin embargo, un grupo importante de hogares se muestran dispuestos a cambiar su sistema de calefacción (43%), lo cual se presenta como una oportunidad para la diversificación de los artefactos y las fuentes de energía.
9. La percepción de la calidad del aire en la ciudad de Puerto Cisnes es bastante positiva: el 87% considera que la calidad del aire es de “regular” a “muy buena”, lo cual contrasta con las cifras de la ciudad de Coyhaique. Esta percepción positiva de la calidad del aire es aún mejor cuando se evalúa la situación al interior de las viviendas. El problema de este dato es que puede estar reflejando una baja percepción de riesgo respecto al problema de la contaminación, y específicamente de la contaminación intradomiciliaria. Sin embargo, para evaluar una posible disociación entre el riesgo real y el riesgo percibido, es necesario avanzar en la medición de los niveles de contaminación extra e intradomiciliaria en la ciudad de Puerto Cisnes.

ANEXOS

1. Tabla de tramos de ingresos por cantidad de miembros del hogar

1 MIEMBRO	2 MIEMBROS	3 MIEMBROS	4 MIEMBROS	5 MIEMBROS	6 MIEMBROS	7 MIEMBROS o más
1. Menos de 120 mil	1. Menos de 194 mil	1. Menos de 257mil	1. Menos de 314 mil	1. Menos de 367 mil	1. Menos de 417mil	1. Menos de 464mil
2. 120 mil – 207 mil	2. 194 mil – 336 mil	2. 258 mil – 446 mil	2. 315 mil – 546 mil	2. 368 mil – 638 mil	2. 418 mil – 725mil	2. 465 mil – 808 mil
3. 208 mil – 361 mil	3. 337 mil – 586 mil	3. 447 mil – 779 mil	3. 547 mil – 953 mil	3. 639 mil – 1.114.000 mil	3. 726 mil – 1.265.000	3. 809 mil – 1.409.000
4. 362 mil – 630 mil	4. 587 mil – 1.023.000	4. 780 mil – 1.359.000	4. 954 mil – 1.662.000	4. 1.115.000 mil – 1.943.000	4. 1.266.000 – 2.207.000	4. 1.410.000 – 2.459.000
5. 631 mil – 1.099.000	5. 1.024.000 – 1.785.000	5. 1.360.000 – 2.370.000	5. 1.663.000 – 2.899.000	5. 1.944.000 – 3.389.000	5. 2.208.000 – 3.850.000	5. 2.460.000 – 4.289.000
6. 1.100.000 – 1.916.000	6. 1.786.000 – 3.113.000	6. 2.371.000 – 4.135.000	6. 2.900.000 – 5.057.000	6. 3.390.000 – 5.912.000	6. 3.851.000 – 6.717.000	6. 4.290.000 – 7.482.000
7. Más de 1.916.000	7. Más de 3.113.000	7. Más de 4.135.000	7. Más de 5.057.000	7. Más de 5.912.000	7. Más de 6.717.000	7. Más de 7.482.000
99. NS/NR (NO LEER)	99. NS/NR (NO LEER)	99. NS/NR (NO LEER)				