Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano

en ciudades con clima cálido seco

Pontificia Universidad Católica de Chile

Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos

Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano

en ciudades con clima cálido seco

Presenta: Arq. Blanca Alejandra Rodríguez Huitrado

Tesis para optar al grado de Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Parte del proyecto FONDECYT Regular N°1201332 “Nexo Pobreza- Energía- Vivienda”

Profesor guía: Dr. Felipe Encinas

Santiago de Chile, Septiembre 2021

© 2021. Blanca Alejandra Rodríguez Huitrado

Resumen

En regiones con clima cálido seco la pobreza energética tradicionalmente se ha definido por la utilización de calefacción durante el invierno. En el contexto de las tendencias al cambio climático y el calentamiento urbano, se requiere se amplié su definición para incluir las necesidades de confort térmico de verano; así se propone establecer una relación espacial entre variables de pobreza energética, condiciones socioeconómicas y elementos ambientales urbanos. Esta tesis utiliza consultas a un panel de expertos con el propósito de llegar a un consenso para definir las variables y ponderaciones del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco. Los resultados del indicador multidimensional que integra confort térmico de verano demuestran un alto porcentaje de viviendas y población en situación de pobreza energética. Concluimos que incluir las necesidades de confort térmico en verano mediante la implementación de estrategias pasivas complementan los indicadores de pobreza energética actuales. Utilizando este indicador a futuro se puede implementar medidas y estrategias de política pública para atender situaciones de pobreza energética en hogares vulnerables frente a los fenómenos cada vez más frecuentes productos del cambio climático.

Palabras clave: Pobreza energética; indicador multidimensional; cambio climático; confort térmico de verano; método Delphi.

Agradecimientos

El interés de investigar el verano está relacionado con el lugar donde he vivido la mayor parte de mi vida, el desierto del norte de México, donde el clima extremoso tiene veranos con temperaturas sobre los 30 °C e inviernos con temperaturas bajo cero. Con ese clima sumado a la mayoría de la vivienda de interés social que no cuenta con aislamiento, es requisito tener un aire acondicionado y un calentador para hacer frente a las temperaturas extremas. En este contexto las personas con bajos recursos económicos, están acostumbrados a sufrir calor y frío la mayor parte del año, donde lejos de alcanzar niveles de confort térmico su salud se ve comprometida.

Primero agradezco a Felipe por su conocimiento, consejos y paciencia durante todo el proceso de la tesis, a la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo por concederme la beca que financio esta tesis, por tener este tipo de cooperación con México y con el resto de Latinoamérica. También agradezco a los integrantes del proyecto FONDECYT Regular N°12011332 Nexo Pobreza- Energía- Vivienda; Carmen, Katia, Gustavo y Ricardo, por permitirme ser parte de su equipo, de las actividades que se realizaron con la comunidad Altué Sur en Renca y por la disposición de compartir su conocimiento. Por último y no menos importante, agradezco a mi madre Alejandra y mi hermana Karina por mandarme ánimo, apoyo y su amor desde México.

Contenidos

Resumen iii

Agradecimientos iv

I. Introducción

1.1. Antecedentes 8

1.1.1. Definiciones de pobreza energética
1.1.2. Cambio climático
1.1.3. Fenómenos de calor urbano
1.1.4. Implicancias climáticas en la pobreza energética

1.2. Definición del problema 15

1.2.1. Enfoque espacial-territorial para la pobreza energética.
1.2.2. Indicadores existentes de pobreza energética relacionados con confort térmico de verano
1.2.3. Temperaturas y uso aire acondicionado en Santiago de Chile

1.3. Formulación de la investigación 24

1.3.1. Preguntas de investigación
1.3.2. Objetivo general y específicos
1.3.3. Metodología
1.3.4. Alcances

1.4. Metodología utilizada en los indicadores existentes para la pobreza energética integrando confort térmico de verano 26

1.4.1. Introducción
1.4.2. Indicadores existentes de pobreza energética en Europa
1.4.3. Indicadores existentes de pobreza energética en Latinoamérica

II. Método Delphi para la construcción del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano

2.1. Introducción del método Delphi 35
2.2. Definición y metodología del método Delphi 35
2.3. Participantes del método Delphi 37
2.4. Primera consulta del método Delphi 39

2.5. Segunda consulta del método Delphi 45
2.6. Tercera consulta del método Delphi 49

III. Construcción del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano

3.1. Definición de variables para el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano 52

3.1.1. Dimensión sociodemográfica
3.1.2. Dimensión constructiva
3.1.3. Dimensión territorial
3.1.4. Dimensión climática

3.2. Definición de ponderaciones y métricas para el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano 59

3.2.1. Ponderación de la dimensión sociodemográfica
3.2.2. Ponderación de la dimensión constructiva
3.2.3. Ponderación de la dimensión territorial
3.2.4. Ponderación de la dimensión climática

IV. Evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco

4.1. Proyecto "Nexo pobreza- energía- vivienda" 68
4.2. Caso de estudio: Villa Altué Sur, comuna de Renca 68
4.3. Análisis descriptivo de los resultados de la encuesta del proyecto "Nexo pobreza- energía- vivienda" 71
4.4. Encuesta para la evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano 76
4.5. Resultados del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano 79

V. Conclusiones 101
VI. Referencias bibliográficas 104
VII. Anexos 110

I

Introducción

1.1. Antecedentes generales

1.1.1. Definiciones de pobreza energética

Inicialmente las definiciones de pobreza energética estuvieron orientadas a satisfacer los niveles de confort durante el invierno; esto debido a que las primeras definiciones se propusieron en Reino Unido. “Las nociones de “calor asequible" u hogares fríos han sido durante mucho tiempo un enfoque central, desde los primeros trabajos de Bradshaw & Hutton, 1983 y Boardman, 1993 hasta artículos más recientes (por ejemplo, Anderson *et al*., 2012; Walker & Day, 2012; Middlemiss & Gillard, 2015)”.

Los autores Simcock *et al.*, (2016) mencionan que la aproximación de Reino Unido ha influenciado a otros países indicando que la pobreza energética se presenta cuando las personas no se pueden proveer de una calefacción adecuada.

Aquí es importante mencionar las diferentes terminologías utilizadas, mientras que en Europa se instauró el térmico “fuel poverty’’ traducido como “pobreza de combustible’’ en relación con la cantidad de combustible utilizado para calefaccionar durante el invierno. Por otra parte, diferentes organizaciones internacionales utilizan el término pobreza energética para referirse a los países en desarrollo. (Mazzone, 2020)

Con el paso del tiempo se han estudiado y propuesto distintos enfoques para medir la pobreza energética, una clasificación de 7 categorías (tabla 1.1) es presentada por los autores Porras-Salazar *et al.*, (2020) en donde las categorías del gasto/ ingreso del hogar y la multidimensionalidad tienen más propuestas.

Tabla 1.1. Resumen de indicadores existentes de pobreza energética.

Categoría	Indicador
Acceso energía	Falta de acceso a la energía.
Gasto o ingreso del hogar	Regla 10%. Gasto en consumo de energía mas el doble de la media nacional (2M). Ingreso estándar mínimo (MIS). Bajo ingreso alto costo (LICH). Después de la pobreza del costo de combustible (AFCP). Pobreza de energía oculta (HEP).
Basado en la multidimensionalidad	Índice de desarrollo energético (EDI). Índice multidimensional de pobreza energética (MEPI). Índice de pobreza energética (EPI). Marco de múltiples niveles (MTF). Índice tridimensional de pobreza energética (Chile).
Basado en las condiciones del hogar auto informadas	La incapacidad de mantener los hogares adecuadamente calentados durante el invierno. El retraso en pago de recibos. La vivienda presenta deficiencias como humedad, danos en muros o cimientos, o condiciones de moho.
Análisis econométrico	La influencia de diferentes factores demográficos, socioeconómicos y físicos en la probabilidad de sufrir pobreza energética.
Siguiendo la calificación energética (ER)	Influencia de la calidad de las viviendas (consumo de energía) en pobreza de combustible. Las viviendas de mala calidad aumentan el consumo de energía y provocan pobreza energética.
Análisis confort térmico	Índice de riesgo potencial de pobreza energética (FPPRI). % de horas donde la casa esta en situación de confort térmico.

Fuente: Traducido de Porras-Salazar *et al.*, 2020.

Los indicadores basados en la multidimensional (tabla 1.2) incorporan diferentes enfoques de la energía y el acceso a diferentes servicios de diferentes países, de los cuales uno corresponde a circunstancias latinoamericanas; el índice tridimensional de pobreza energética (tabla 1.3) propuesto por Chile. Este índice forma parte del trabajo de la Red de Pobreza Energética que define la pobreza energética "cuando el hogar no tiene acceso a los servicios de energía de calidad para cubrir sus necesidades, permitiendo el desarrollo económico y humano de los individuos." (Calvo *et al.*, 2019)

Tabla 1.2. Tabla de indicadores basados en la multidimensionalidad de pobreza energética y sus dimensiones.

Indicador basado en la multidimensionalidad	Dimensiones del indicador	Indicador
Índice de desarrollo energético (EDI).		1.1 Consumo de energía comercial per cápita 1.2 Consumo eléctrico per cápita en el sector residencial 1.3 Participación de los combustibles modernos en el uso total de energía del sector residencial 1.4 Proporción de población con acceso a electricidad
Índice multidimensional de pobreza energética (MEPI).	1. Cocinar	1.1 Combustible moderno para cocinar 1.2 Contaminación interior
	2. Iluminación	2.1 Acceso a electricidad
	3. Servicios prestados por electrodomésticos	3.1 Propiedad de electrodomésticos
	4. Entretenimiento/ educación	4.1 Propiedad de dispositivos de entretenimiento/ educación
	5. Comunicación	5.1 Medios de telecomunicaciones
Índice de pobreza energética (EPI).	1. Contabilización del tamaño del hogar	1.1 Frecuencia de compra o recolección 1.2 Participación de los hogares y tiempo dedicado para recolección de energía por semana.
	2. Uso de fuentes de energía	2.1 Índice de inconvenientes energéticos (EII) a nivel de fuente de energía 2.2 Índice de inconvenientes energéticos totales (TEI) para cada familiar 2.3 Definición del umbral de inconvenientes de energía total (TEIT) 2.4 Exceso de inconvenientes energéticos (EIE) a nivel de hogar
	3. Déficit energético	3.1 Cálculo del déficit energético (ES) de los hogares
Marco de múltiples niveles (MTF).	1. Acceso a energía de los hogares	1.1 Índice de electricidad en los hogares 1.2 Índice de cocina en los hogares 1.3 Índice de calefacción en los hogares
	2. Acceso a energía para usos productivos	
	3. Acceso a energía para usos de comunidades	3.1 Índice de iluminación en vialidades 3.2 Índice de establecimientos de salud 3.3 Índice de edificios comunitarios 3.4 Índice de oficinas publicas
Índice tridimensional de pobreza energética (Chile).	1. Alimentación e higiene	1.1 Fuente de energía y artefacto utilizado para cocinar 1.2 Sistema de agua sanitaria
	1. Iluminación y dispositivos eléctricos	2.1 Acceso a electricidad 2.2 SAIDI
	2. Climatización de la vivienda	3.1 Fuente de energía y artefacto utilizado para calefacción 3.2 Eficiencia energética de la vivienda 3.3 Confort térmico
	1. Equidad en el gasto energético	4.1 Gasto excesivo en energía 4.2 Sub- gasto de energía

Fuente: Elaboración propia en base a Calvo *et al.* 2019, Nassbaumer *et al.* 2012, Mirza & Szirmai 2010, Bhatia & Angelou 2014, IEA 2010.

El Índice tridimensional de pobreza energética está integrado por 4 dimensiones que a su vez se dividen en 9 indicadores (tabla 1.3); del indicador confort térmico se considera cuando el "hogar declara pasar frío al interior de la vivienda durante los meses de invierno", (Calvo *et al.*, 2019) sin tomar en cuenta el confort térmico durante el verano.

Tabla 1.3. Índice tridimensional de pobreza energética.

Dimensión	Indicador	Umbral de privación
Alimentación e higiene	Fuente de energía y artefacto utilizado para cocinar	Hogar utiliza parafina, leña húmeda (>25%) para cocinar.
	Sistema de agua caliente sanitaria	No tiene sistema de agua caliente sanitaria cuando exista pertinencia territorial.
Iluminación y dispositivos eléctricos	Acceso a electricidad	Hogar no esta conectado a la red de distribución eléctrica, con conexión ilegal o utiliza un generador propio cuya fuente de combustible se adquiere a más de una hora de la vivienda.
	SAIDI	Suministro eléctrico tiene interrupciones promedio de mas de 1 hora (sin considerar fuerza mayor).
Climatización de la vivienda	Fuente de energía y artefacto utilizado para calefacción	Hogar utiliza basura, carbón, leña húmeda (>25% humedad) o parafina para calefacción, mediante un artefacto que posee su fuerte de combustión permanentemente abierta a la vivienda.
	Eficiencia energética de la vivienda	Vivienda con eficiencia energética F o menor, o vivienda construida antes del 2001.
	Confort térmico	Hogar declara pasar frío al interior de la vivienda durante los meses de invierno.
Equidad en el gasto energético	Gasto excesivo en energía	Ingreso disponible del hogar- (Costos de vivienda+ Gasto energético del hogar) < Línea de pobreza equivalente.
	Sub- gasto de energía	Gasto energético del hogar < ½ de la mediana de gastos de viviendas del mismo tipo y composición (dentro de los primeros 8 deciles).

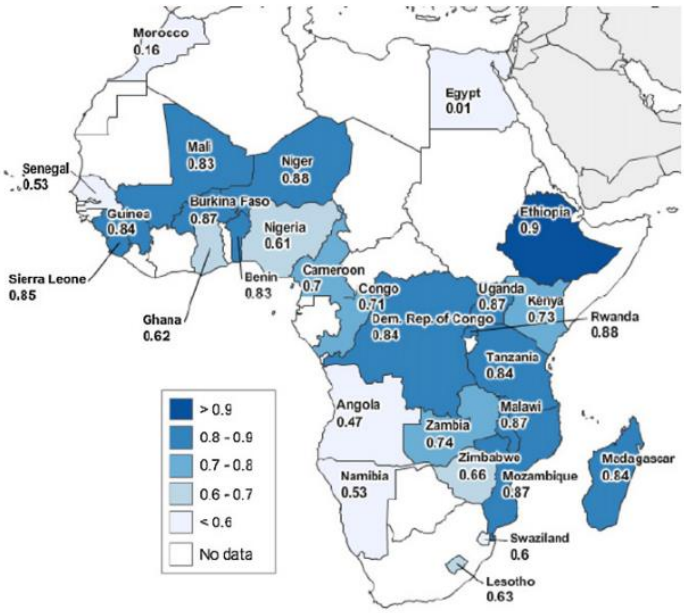
Fuente: Elaboración propia en base a Calvo *et al.*, 2019.

Por otra parte el índice multidimensional de pobreza energética (MEPI) propuesto por los autores Nussbaumer *et al.*, (2012) para medir la pobreza energética en varios países africanos (figura 1.1) de los que se disponen datos apropiados a partir de cinco dimensiones (tabla 1.4). En este indicador el confort térmico no se considera, a pesar de contar con registros como el país de Sudáfrica, donde anunciaron 32 registros diarios de temperaturas de 45 °C y sequías triplicadas durante los últimos 60 años producto del cambio climático, según los autores Herring *et al.*, (2018).

Tabla 1.4. Índice multidimensional de pobreza energética (MEPI)

Dimensión	Indicador	Variable
Cocinar	Combustible moderno para cocinar	Tipo combustible para cocinar
	Contaminación interior	Alimentos cocinados en una estufa o fuego abierto (sin campana / chimenea) si se usa algún combustible además de electricidad, GLP, gas natural o biogás
Iluminación	Acceso a electricidad	Tiene acceso a electricidad
Servicios prestados por electrodomésticos	Propiedad de electrodomésticos	Tiene acceso a refrigerador
Entretenimiento/ educación	Propiedad de dispositivos de entretenimiento/ educación	Tiene acceso a radio o televisión
Comunicación	Medios de telecomunicaciones	Tiene acceso a línea telefónica o a teléfono móvil

Fuente: Traducido de Nussbaumer *et al.*, 2012.



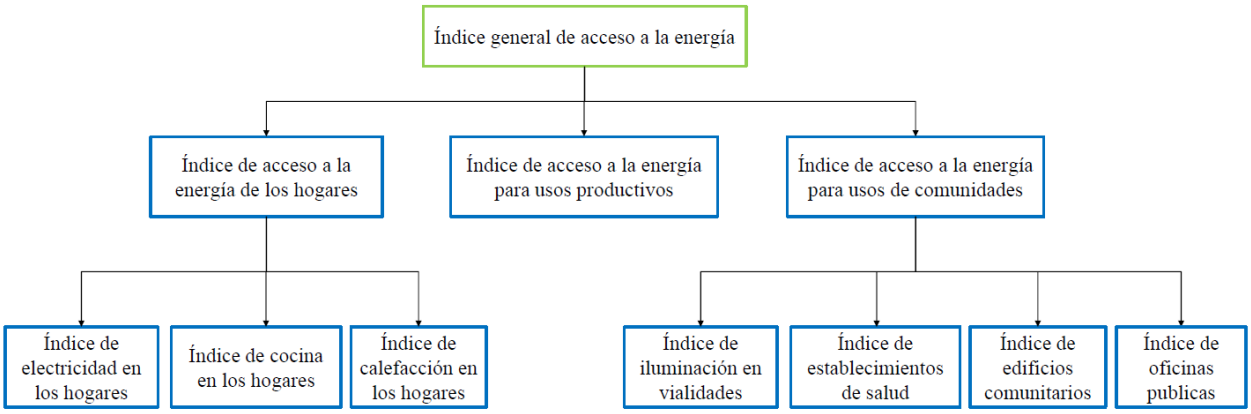
Fuente: Nussbaumer *et al.*, (2012)

Figura 1.1. Indicador MEPI aplicado a países africanos seleccionados.

El Índice de pobreza energética (EPI por sus siglas en inglés) se desarrolla en Pakistán, el cual "mide el grado de pobreza energética entre los hogares rurales, considerando el uso de diferentes fuentes de energía, así como su déficit energético y el tamaño del hogar." (Mirza & Szirmai, 2010) Este indicador es el único de la multidimensionalidad de la pobreza energética que se basa en el territorio rural, razón por la cual no se puede comparar el acceso a la energía con el territorio urbano que consideran los demás indicadores.

El Marco de múltiples niveles (MTF por sus siglas en inglés) considera una escala mayor, además de los hogares incluye también a las empresas productivas y las instituciones comunitarias (Figura 1.2). Los autores Bhatia & Angelou (2014) se basan en que la energía sea adecuada, disponible cuando sea necesaria, confiable, de buena calidad, asequible, legal, conveniente, saludable y segura para todas sus aplicaciones requeridas.

En esta propuesta la escala de acceso a energía en los hogares incluye el confort térmico solo considerando la calefacción, similar al Índice tridimensional de pobreza energética propuesto por Chile.



Fuente: Traducido de Bhatia & Angelou, 2014.

Figura 1.2. Diagrama del Marco de múltiples niveles de pobreza energética (MTF).

Otro indicador es el Índice de Desarrollo Energético (EDI por sus siglas en inglés) propuesto para países en desarrollo por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2010) el cual considera lo siguiente:

1. Consumo de energía comercial per cápita: que sirve como indicador del desarrollo económico general de un país.
2. Consumo eléctrico per cápita en el sector residencial: que sirve como un indicador de la fiabilidad y la capacidad del consumidor para pagar los servicios de electricidad.
3. Participación de los combustibles modernos en el uso total de energía del sector residencial: que sirve como indicador del nivel de acceso a instalaciones de cocina limpias.
4. Proporción de población con acceso a electricidad.

Se observa que el Índice de Desarrollo Energético (EDI) no toma en cuenta el confort térmico de las viviendas, el cual se define durante todo el año, según la necesidad de calefaccionar o enfriar dependiendo de la zona climática del emplazamiento.

El problema inicial de la multidimensionalidad es que no se incluye el confort térmico de verano en los indicadores existentes de pobreza energética.

1.1.2.Cambio climático

Los estudios de pobreza energética no solo comprenden la energía si no que han permitido articular otras temáticas como el acceso a la vivienda y servicios, salud pública y cambio climático (Pérez-Fargallo *et al*., 2018; Grey *et al*., 2015;Walker & Day, 2012). Se mencionó anteriormente la necesidad de incluir el confort térmico del verano, con el propósito no solamente de incluir las regiones con clima cálido, si no abarcar regiones con clima frío donde ya se presentan aumentos de temperaturas producto del cambio climático.

Es una realidad que a nivel global se perciben los efectos del cambio climático, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) menciona veranos más calurosos, intensidad y frecuencia de peligros naturales o cambios en las precipitaciones.

Estos impactos se han reflejado en alarmantes cifras, tales como las 70.000 muertes relacionadas con olas del calor durante el verano de 2003 en Europa (OMS, 2004), o las 41.262 muertes en Rusia, producto de la ola de calor de 2009 (Geirinhas *et al*., 2018). Por otra parte en el verano de 2015, el fenómeno de El Niño cobró 1.200 vidas en Pakistán, 2.500 vidas en India y más de 40.000 personas en India sufrieron insolación y deshidratación (Mazzone, 2020). Con estas situaciones y cifras preocupantes la OMS comenzó a considerar las enfermedades producto de las olas de calor como un problema de salud pública y pidió no minimizar el problema previendo el aumento de dichas enfermedades producto del calentamiento global. (WHO, 2012).

El cambio climático ha afectado a los ecosistemas y con ello se elevan las temperaturas del planeta, un ejemplo ocurre con el aire caliente del Sahara que ha provocado olas de calor y ha alimentado cientos de incendios forestales en países mediterráneos (Gillespie, 2021). Los datos del Observatorio Nacional de Atenas registraron la quinta ola de calor más larga en Grecia en 40 años, donde las temperaturas alcanzaron los 44°C durante 11 días, con temperaturas medias de 34 a 35 °C, que es dos grados más que en años anteriores (Agency, 2021). A nivel global la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica declaro Julio del 2021 como el mes más caluroso registrado en la tierra desde que comenzaron los registros hace 142 años (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021).

Lo anterior conlleva a analizar el impacto del cambio climático en las ciudades y sus implicaciones para quienes habitan en ellas.

1.1.3.Fenómenos de calor urbano

Uno de los impactos negativos del cambio climático mencionados anteriormente es el fenómeno de la isla de calor, donde las zonas densamente urbanizadas como Santiago de Chile son más propensas a verse afectadas, como lo señala (Sánchez-Guevara *et al.*, 2019)

De acuerdo con Peña, (2008); Sarricolea y Martín-Vide (2014) para el caso particular de Santiago, la morfología territorial y la densificación son parte responsables de la presencia de la isla de calor, la que puede aumentar 5°C en verano. Mientras que existen comunas en el oriente y nororiente de Santiago que poseen temperaturas urbanas menores, esto porque sus sectores residenciales son de densidad más baja y disponen de áreas verdes en sus alrededores según Romero *et al.*, (2010).

Vandentorren *et al.*, (2006) han demostrado que además de las temperaturas, las características físicas de las edificaciones y la ubicación de la vivienda dentro del mismo también influyen en el riesgo de calor para los individuos.

Por lo anterior se vincula la necesidad de integrar el confort térmico de verano a un indicador multidimensional de pobreza energética en regiones con clima cálido seco.

1.1.4. Implicancias climáticas en la pobreza energética

Reino Unido y Europa no han estado exentos del incremento de las temperaturas y de las olas de calor en los últimos años producto del cambio climático, esto ha traído consigo nuevas consideraciones y estudios en el ámbito de la pobreza energética. Thomson *et al.*, (2019) estiman 70,000 muertes adicionales durante el verano de 2003 en Europa debido a las olas de calor.

Mientras otros autores como Sánchez-Guevara Sánchez *et al.*, (2017) y Simoes *et al.*, (2016) afirman la necesidad de incluir la temporada de verano en los indicadores de pobreza energética, considerando los efectos del calor en la salud pública, las condiciones térmicas adecuadas durante el mismo y el aumento de personas en riesgo de pobreza energética considerando el calor.

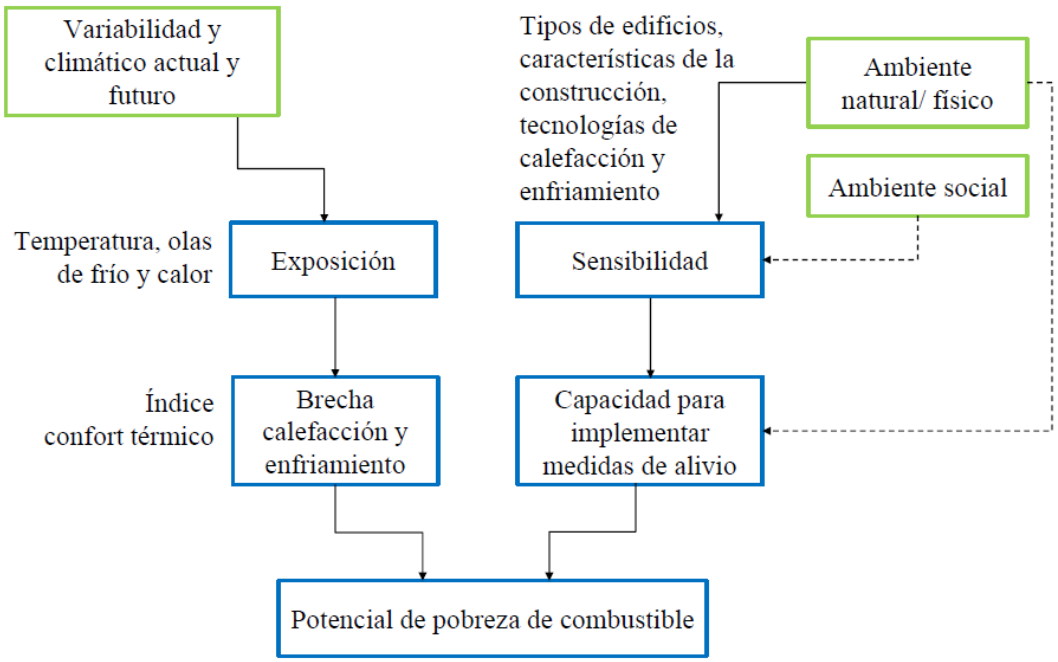
Hablando específicamente de Chile donde las viviendas no incluyen el equipamiento que garantice el confort térmico durante el verano y el invierno, se presenta la situación de pobreza energética, la cual aún no es considerada como un problema social en diferentes países. Tal como señala Porras-Salazar *et al.*, (2020) en Chile la normativa para la construcción de viviendas de interés social no incluye sistemas de calefacción o refrigeración; por lo tanto las personas tienen que satisfacer las necesidades térmicas en base a sus posibilidades y conocimientos.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Enfoque espacial- territorial de la pobreza energética

Una de las condiciones de la pobreza energética es que se ha definido "con alta variabilidad geográfica y contingente localmente" (Bouzarovski, 2014) lo cual se hace visible a escala urbana y de vivienda. Existen diferentes aproximaciones de la pobreza energética, la espacial-territorial utiliza sistemas de información geográfica con el fin de representar las áreas con mayor población y hogares en riesgo de pobreza energética utilizando diferentes factores. Autores como Bouzarovski & Simcock, (2017) que identifican patrones de "aglomeración espacial" de grupos de personas en situación de vulnerabilidad y de estar en situación de pobreza energética.

Un ejemplo del enfoque espacial- territorial de la pobreza energética se realizó en Portugal donde consideraron las temporadas de invierno y verano para mapear la información de 29 municipios. Los autores (Simoes *et al.*, 2016) determinaron un rango de temperaturas interior de 20°C durante la temporada de calefacción y de 25°C durante la temporada de enfriamiento, respetando la regulación térmica de tal país. En tal estudio consideran cuatro componentes para identificar el riesgo de pobreza de combustible: la exposición, la sensibilidad, el impacto potencial y la capacidad adaptativa (figura 1.3).

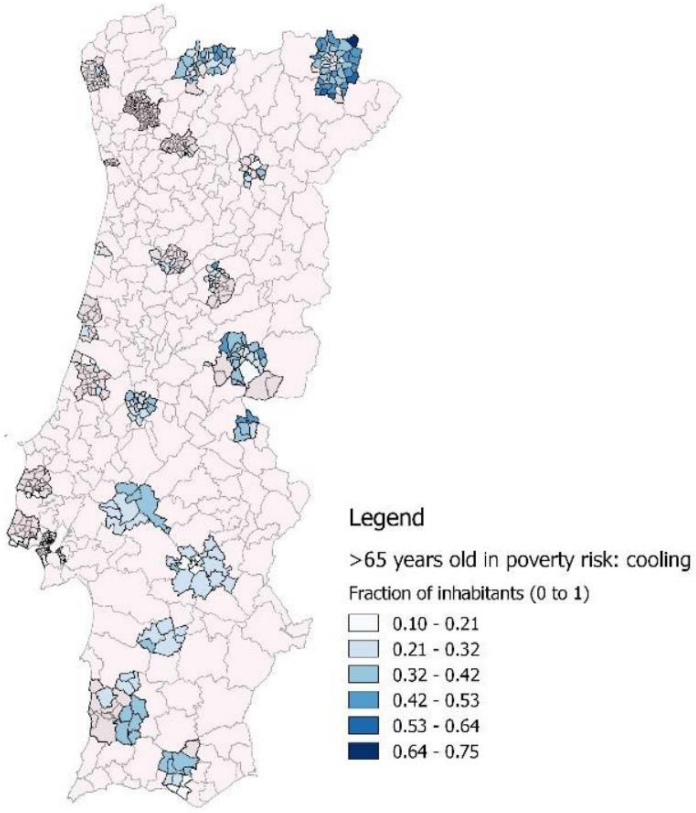


Fuente: Traducido de Simoes *et al*., 2016.

Figura 1.3. Representación esquemática del enfoque para evaluar la pobreza de combustible en Portugal.

En este enfoque Simoes *et al*., (2016) concluyeron que, en riesgo de pobreza energética es mayor el porcentaje de las necesidades de refrigeración con 29% que de calefacción con 22% (figura 1.4), lo que viene a reiterar la importancia de incluir el confort térmico de verano en la medición de la

pobreza energética. Factores considerados en este enfoque como la calidad constructiva de la vivienda y la exposición al calor también se tomaron en cuenta en los estudios presentados anteriormente de Thomson *et al.* (2019) y Sánchez- Guevara *et al.* (2019).

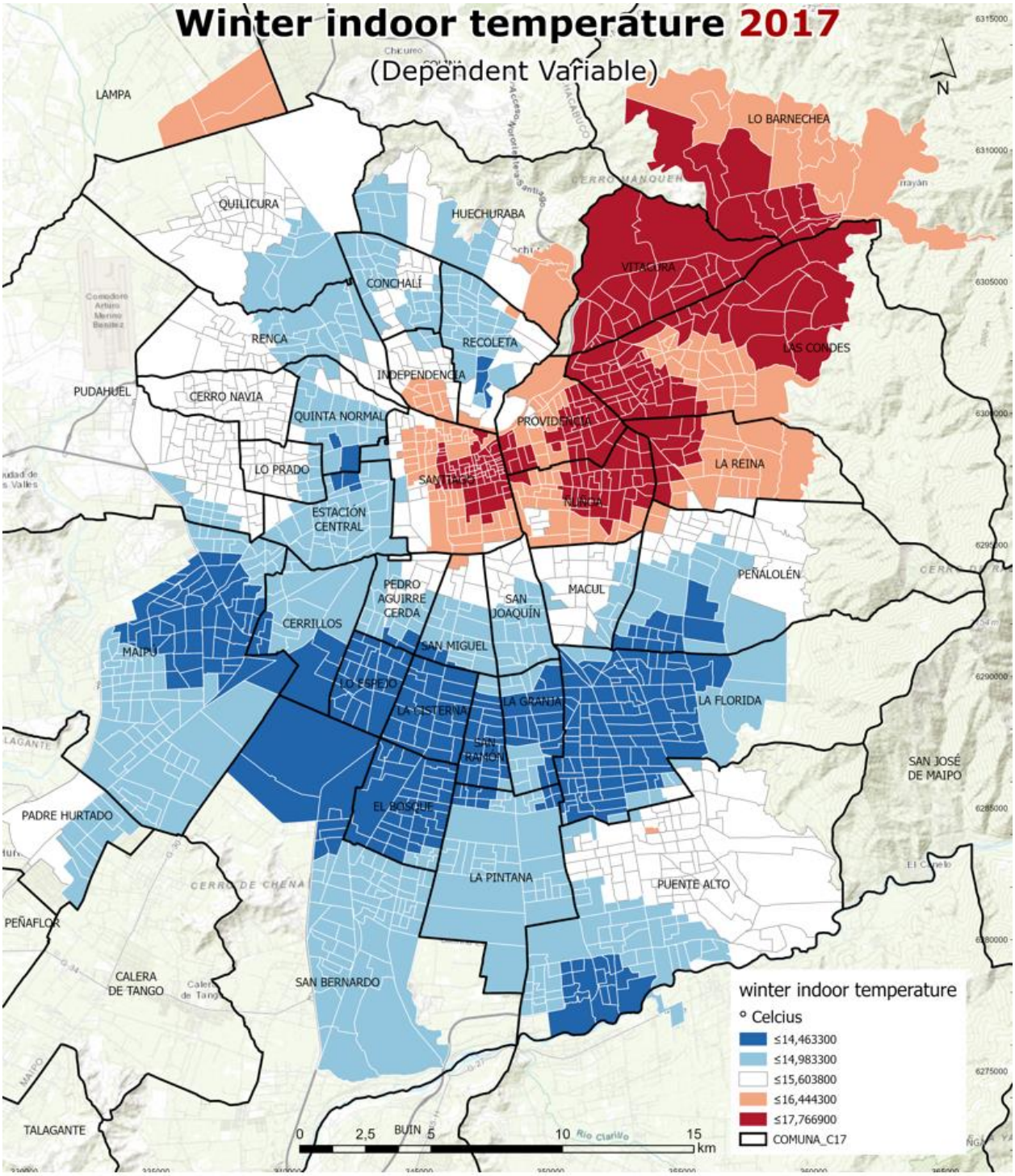


Fuente: Simoes *et al*., 2016.

Figura 1.4. Resumen de los posibles habitantes en pobreza de combustible en términos de refrigeración de espacios en 29 municipios de Portugal.

Parte del trabajo realizado en el proyecto FONDECYT Regular 1201332 ha sido abordar la pobreza energética como la interacción de tres brechas: "la de calidad constructiva- energética, la socioeconómica y la espacial- territorial." (Encinas *et al.*, 2019). En los análisis realizados se ha podido establecer una autocorrelación entre la calidad de viviendas, su respuesta ante los cambios de temperatura y los sectores socioeconómicos de Santiago de Chile.

En un modelo de regresión ponderada geográficamente realizado (figura 1.5) se ha tomado como variable dependiente la temperatura interior de viviendas, y como variables independientes: los valores de precio de suelo originalmente expresados en UF/m2 (unidades de fomento), porcentajes de profesionales, indicadores demográficos como hogares con y sin hijos, año promedio de construcción, entre otros.



Fuente: Encinas Pino *et al*., 2019.

Figura 1.5. Modelo de regresión ponderada geográficamente (GWR) con la temperatura interior de viviendas con variable dependiente.

Se observa que los estratos más altos socioeconómicamente se encuentran en el nororiente de la ciudad en las comunas de Vitacura, Las Condes, Ñuñoa, Lo Barnechea, Providencia y La Reina, constituyendo el denominado cono de alta renta (figura 1.5). Estos análisis permiten establecer que existe una clara autocorrelación espacial en el entorno construido, "medido en la capacidad de las envolventes térmicas de las viviendas en permitir o asegurar un rango de temperaturas, aglomerándose por estrato socioeconómico." (Encinas *et al.*, 2019). Lo anterior representa espacialmente la pobreza energética para la implementación de políticas públicas a futuro, a la vez que es útil para el desarrollo del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano, proporcionando variables a considerar como el nivel socioeconómico junto con la materialidad de la vivienda y del entorno construido.

1.2.2. Indicadores de pobreza energética existentes relacionados con confort térmico de verano

Un indicador de pobreza energética que obedece a circunstancias latinoamericanas se ha planteado en México, el cual considera un servicio para satisfacer la necesidad humana fundamental del confort térmico de la vivienda en base a la refrigeración, basado en la zonificación climática territorial.

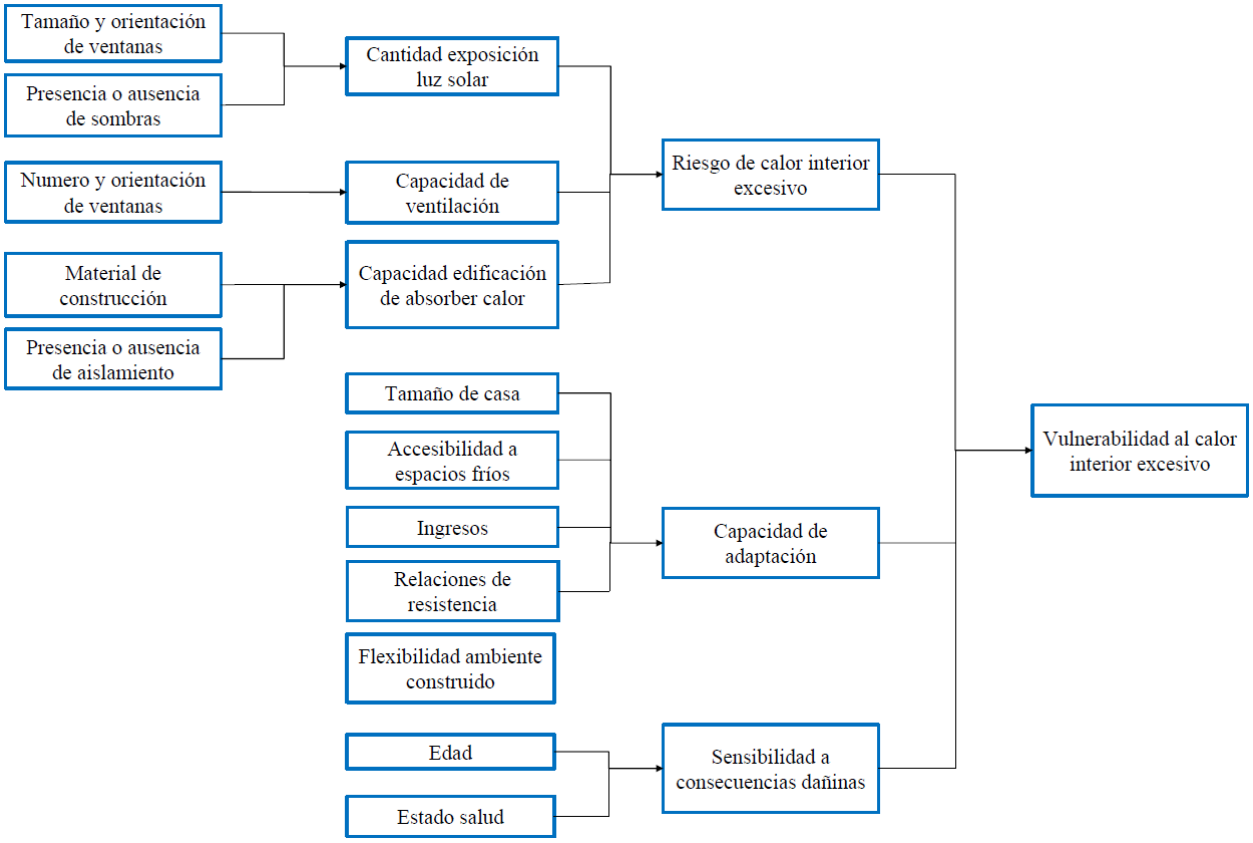
De acuerdo con este indicador se presenta la pobreza energética cuando no cumple al menos uno de los servicios básicos; iluminación, entretenimiento, calentamiento de agua, cocción de alimentos, refrigeración de alimentos y aire acondicionado y ventilación (tabla 1.5). Los autores García-Ochoa & Graizbord, (2016) mencionan que en el indicador del confort térmico no se considera la calefacción, ya que de acuerdo a las zonas climáticas en México, son muy pocas las localidades en donde se considera esencial usar calefactor.

Tabla 1.5. Bienes económicos seleccionados y su relación con usos finales de energía utilizados en México.

Indicador	Uso final de energía	Bien económico seleccionado
Iluminación	Iluminación	Foco incandescente o lampara fluorescente por cuarto de la vivienda (excluyendo pasillos)
Entretenimiento	Entretenimiento	Televisor o equipo de computo con acceso a internet
Calentamiento de agua	Calentamiento de agua	Calentador de agua o estufa de gas o eléctrica
Estufa de gas o eléctrica	Cocción de alimentos	Estufa de gas o eléctrica, condicionado a que el combustible para cocinar sea gas o electricidad
Refrigerador eficiente	Refrigeración de alimentos	Refrigerador modelo 1996 a 2012
Confort térmico	Aire acondicionado y ventilación	Ventilador por tres personas o equipo de aire acondicionado

Fuente: Elaboración propia en base a García-Ochoa & Graizbord, 2016.

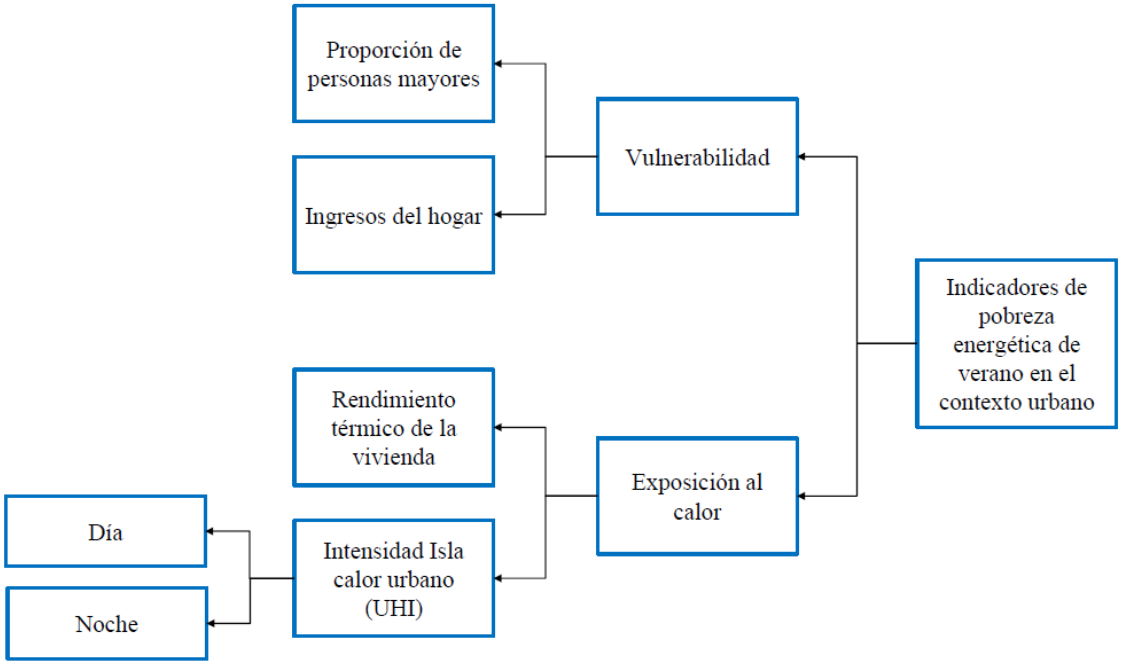
En contraste con el indicador propuesto en México existe un estudio ubicado en Europa del Este, lo que nos habla de países donde anteriormente se consideraba la pobreza energética solo en temporada de invierno, se está comenzando a considerar la temporada del verano, producto del aumento de las temperaturas por efecto del cambio climático. En tal estudio comparativo se estudiaron cuatro países: Polonia, República Checa, Hungría y Macedonia del Norte, donde los autores Thomson *et al.*, (2019) determinaron la vulnerabilidad energética en base a tres factores: el riesgo de exposición, la capacidad de adaptación y la sensibilidad (figura 1.6).



Fuente: Traducido de Thomson *et al*., 2019.

Figura 1.6. Diagrama conceptual de vulnerabilidad al calor excesivo al interior de las viviendas utilizado en Europa del este.

Otro indicador aplicado en las ciudades de Londres y Madrid, los autores (Sánchez-Guevara *et al*. 2019) buscaron establecer las diferencias entre ciudades del norte y sur de Europa, se utilizan factores de la exposición al calor, la vulnerabilidad, los ingresos del hogar y la proporción de las personas mayores en las ambas ciudades (figura 1.7).



Fuente: Elaboración propia en base a Sanchez- Guevara *et al*., 2019.

Figura 1.7. Diagrama de indicadores de pobreza energética de verano en el contexto urbano aplicado en Londres y Madrid.

1.2.3. Temperaturas y uso de aire acondicionado en Santiago de Chile

La revisión de los estándares de confort térmico para Chile es importante ya que el indicador multidimensional de pobreza energética a desarrollar integra confort térmico de verano. A continuación, se describen los estándares más relevantes y sus rangos.

El Manual de Certificación de Vivienda Sustentable (2018) se basa en el método de confort adaptativo propuesto por Dear y Brager, señalado en los Fundamentos de ASHRAE del capítulo confort térmico. En donde se utiliza como banda de confort temperaturas que permitan tener al 90% de los usuarios dentro de un rango de "aceptabilidad", lo que se traduce en rango de +2.5 °C a −2.5 °C con respecto a la temperatura media y se obtienen los rangos de todo el año para las diez zonas térmicas de Chile (tabla 1.6).

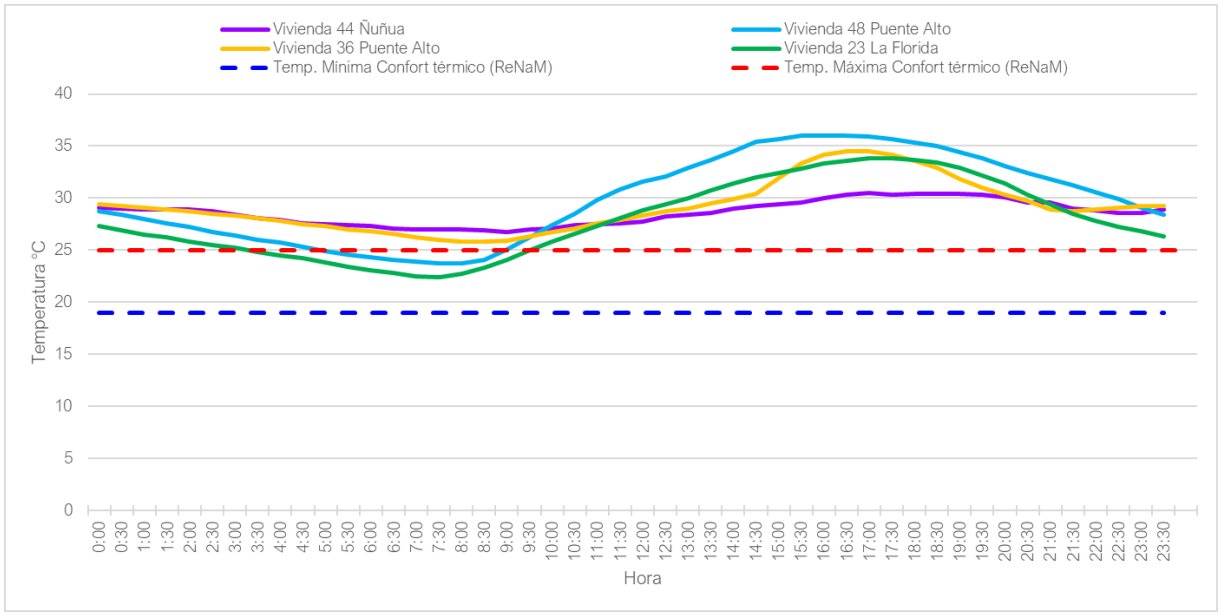
Tabla 1.6. Máximos y mínimos permitidos mes a mes para las diez zonas térmicas de Chile.

TN+2,5 °C 90% ACEPTABILIDAD CON MÉTODO DEAR Y BRAGER												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
IQUIQUE	26,7	26,6	26,4	26,1	25,8	25,5	25,3	25,3	25,5	25,7	26,1	26,5
COPIAPÓ	26,3	26,2	25,9	25,3	24,8	24,5	24,3	24,3	24,9	25,1	25,5	25,9
VALPARAÍSO	26,1	26,0	25,7	25,3	24,9	24,6	24,4	24,5	24,7	25,1	25,5	25,9
SANTIAGO	26,6	26,5	25,9	25,0	24,2	23,5	23,6	23,8	24,4	25,1	25,6	26,3
CONCEPCIÓN	25,9	25,6	25,2	24,6	24,2	23,7	23,0	23,6	24,0	24,5	25,1	25,6
TEMUCO	25,9	25,8	25,3	24,5	24,0	23,4	23,3	23,5	23,9	24,4	24,9	25,5
OSORNO	25,6	25,3	25,0	24,3	24,0	23,4	23,2	23,3	23,7	24,2	24,9	25,5
EL TENIENTE	25,4	25,2	24,8	24,3	23,3	22,6	22,5	22,5	23,1	23,5	24,2	25,0
PUNTA ARENAS	24,5	24,1	23,7	23,0	22,4	22,0	22,0	22,1	22,6	23,3	23,5	24,0
CALAMA	25,5	25,3	24,8	24,5	24,1	23,4	23,8	23,8	24,4	24,4	25,0	25,0

TN-2,5 °C 90% ACEPTABILIDAD CON MÉTODO DEAR Y BRAGER												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
IQUIQUE	21,7	21,6	21,4	21,1	20,8	20,5	20,3	20,3	20,5	20,7	21,1	21,5
COPIAPÓ	21,3	21,2	20,9	20,3	19,8	19,5	19,3	19,3	19,9	20,1	20,5	20,9
VALPARAÍSO	21,1	21,0	20,7	20,3	19,9	19,6	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,9
SANTIAGO	21,6	21,5	20,9	20,0	19,2	18,5	18,6	18,8	19,4	20,1	20,6	21,3
CONCEPCIÓN	20,9	20,6	20,2	19,6	19,2	18,7	18,0	18,6	19,0	19,5	20,1	20,6
TEMUCO	20,9	20,8	20,3	19,5	19,0	18,4	18,3	18,5	18,9	19,4	19,9	20,5
OSORNO	20,6	20,3	20,0	19,3	19,0	18,4	18,2	18,3	18,7	19,2	19,9	20,5
EL TENIENTE	20,4	20,2	19,8	19,3	18,3	17,6	17,5	17,5	18,1	18,5	19,2	20,0
PUNTA ARENAS	19,5	19,1	18,7	18,0	17,4	17,0	17,0	17,1	17,6	18,3	18,5	19,0
CALAMA	20,5	20,3	19,8	19,5	19,1	18,4	18,8	18,8	19,4	19,4	20,0	20,0

Fuente: MINVU, 2018.

Por otra parte, la Red Nacional de Monitoreo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (ReNaM) "define el rango de confort de 19º a los 25º C para el interior de las viviendas" (Urquiza, Anahí, 2017). Se analizaron los datos de la ReNaM de enero del 2017 identificando las viviendas que registraron temperaturas interiores mayores al 26.6 °C, máximo aceptable según el método Dear y Brager. Se observa que una vivienda en Ñuñoa presenta mayores temperaturas >26.6 °C (figura 1.8), seguida por dos viviendas en Puente Alto, y por último una vivienda en La Florida registra una mayor cantidad de temperaturas menores a 26.6 °C que el resto.



Fuente: Elaboración propia en base a ReNaM 2017.

Figura 1.8. Registro temperatura interior y exterior el 18 de enero 2017 en viviendas ubicadas en Santiago de Chile.

En el contexto del aumento de temperaturas producto del cambio climático ha ido en aumento el uso de energía para refrigerar, como indica (Randazzo *et al.*, 2020) entre 1990 y 2016 la demanda de energía de enfriamiento se triplico con creces, según ventas anuales de aires acondicionados del año 2016; se vendieron 135 millones de unidades, de las cuales 94 millones de unidades correspondían al sector residencial y 40 millones de unidades al sector comercial.

En el caso de Chile se confirma ese incremento, según datos de Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile 2010 y del Informe final de Usos de la Energía de los Hogares en Chile 2018; en el período 2010 al 2018 se muestra un incremento del 3.4% de viviendas con aire acondicionado (tabla 1.7). El aumento de viviendas con aire acondicionado del 2010 al 2018 es de 94,816 viviendas, lo cual representa un aumento de consumo de energía para Santiago de Chile y una mayor exigencia para la infraestructura eléctrica del país.

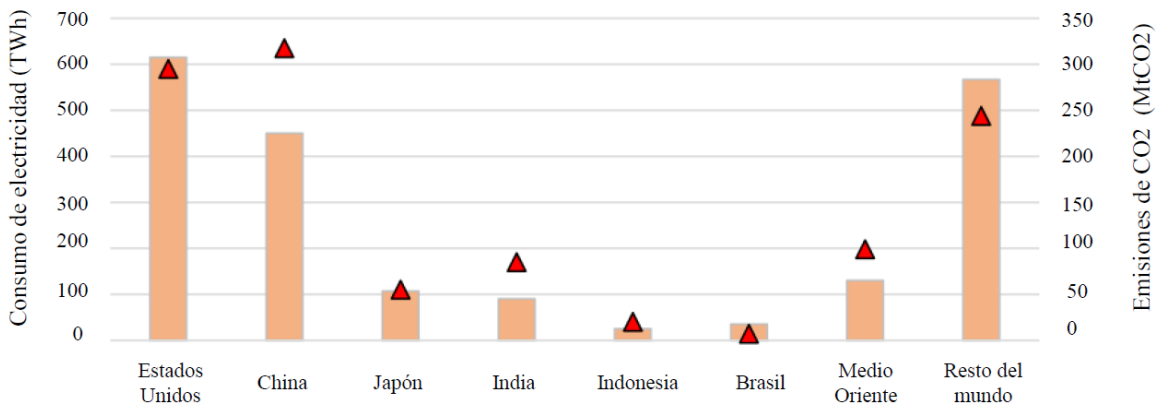
Tabla 1.7. Porcentaje de viviendas con aire acondicionado en Santiago del año 2010 al 2018.

Año	Total de viviendas con aire acondicionado	Incremento en %
2010	26,432	1.2
2018	121,248	4.6

Fuente: Elaboración propia en base a Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile 2010 y al Informe final de Usos de la Energía de los Hogares en Chile 2018

Alrededor del mundo se han registrado apagones debido al aumento de demanda de energía durante las olas de calor desde hace tiempo. Un ejemplo ocurre en Argentina donde las personas vivieron apagones de días incluso semanas en 2013, mientras los expertos señalan que el problema no es la falta de energía si no de la red de distribución de baja tensión, infraestructura que necesita actualizarse ante el aumento de demanda de energía. Se estima que el consumo en un día de calor supera los 23.000 megavatios (MW), cifra a partir de la cual la red entra en crisis (Smink Verónica, 2014). Un ejemplo más reciente se presentó en Oregón Estados Unidos durante el 2021, donde se estima que el 70% de los hogares cuentan con aire acondicionado y se registraron récord de temperatura de 44°C dejando sin electricidad a más de 6,300 personas (Wilson, 2021).

El uso de aire acondicionado esta relacionado con las emisiones de CO2 y los efectos del cambio climático, según la Agencia Internacional de Energía, China lidero las emisiones de CO2 por enfriamiento de espacios en 2016 (figura 1.9), contribuyendo con el 28% aproximadamente de las emisiones globales de enfriamiento con aumento de 6.6 TWh en 1990 a 450 TWh en 2016 (International Energy Agency (IEA), 2018).



Fuente: Traducido de Karali *et al* 2020.

Figura 1.9. Relación entre consumo de electricidad y emisiones de CO2 en el mundo durante el 2016.

La contaminacion del uso de aire acondicionado es diversa, por un lado las emisiones de C02 producto de la electricidad y por otro las sustancias necesarias para su funcionamiento, la restricción y regulación de esas sustancias ha sido objetivo de varios países desde hace tiempo. Un ejemplo es el Protocolo de Montreal de 1987 donde se comenzo a restringir el uso de sustancias que agotaban la capa de ozono como los clorofluorocarbonos (CFC) y halones (UNEP, 2019). Los sustitutos utilizados en las últimas décadas para los equipos de aire acondicionado son los hidroclorofuorocarbonos (HCFC), sustancias que aunque no permanecen mucho tiempo en la atmósfera a corto plazo es mas dañino que el CO2, agudizando la crisis climática actual (Montojo, 2021).

Ante el aumento del consumo de energía de las viviendas y la crisis climática, las soluciones propuestas estarán relacionadas con el consumo de energía eficiente, alternativas sostenibles con el medio ambiente o medidas de regularización. Una de ellas es la propuesta por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos cuya meta es reducir en un 85% la producción y el uso de sustancias hidroclorofluorocarbonos (HFC) (EPA, 2021) o el diseño de equipos de aire acondicionado que funcionan con R-290, un refrigerante de propano natural que lo hace menos contaminante que los actuales utilizados (Internacional, 2021).

1.3. Formulación de la investigación

1.3.1. Preguntas de investigación

Se considerará el área metropolitana de Santiago como caso de estudio, por corresponder a una ciudad situada en clima cálido seco de tipo mediterráneo, pero sujeto a fuertes tensiones por cambio climático, segregación urbana y aglomeración socio- espacial, constituyendo características propicias para la reproducción de la pobreza energética.

En base a los antecedentes presentados, se proponen dos preguntas de investigación para esta tesis, las cuales son:

- ¿Como influyen diferentes elementos urbanos y climáticos para la construcción de un indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano?
- ¿Qué factores se deberían considerar para construir un indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano para ciudades con clima cálido seco?

1.3.2. Objetivo general y específicos

Objetivo general:

Desarrollar un indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort de verano en ciudades con clima cálido seco.

Objetivos específicos:

1. Elaborar un marco teórico con respecto a indicadores de pobreza energética existentes y la integración de confort térmico de verano.
2. Analizar la relación entre variables de pobreza energética, condiciones socioeconómicas y variables ambientales urbanas.
3. Desarrollar un consenso entre expertos de las variables para construir el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.
4. Validar el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en una prueba piloto del área metropolitana de Santiago.

1.3.3. Metodología

En respuesta a los objetivos y preguntas de investigación presentados anteriormente se propone la siguiente metodología:

Objetivo específico 1:

- Exploración bibliográfica que identifique los estudios relevantes respecto a la pobreza energética y el confort térmico de verano.

Objetivo específico 2:

- Exploración bibliográfica que identifique los estudios relevantes respecto al enfoque espacial- territorial de la pobreza energética.
- Discusión de análisis de estadística espacial desarrollada en el marco del proyecto FONDECYT Regular N°1201332.

Objetivo específico 3:

- Definición de participantes, instrumento y vía de consulta del método Delphi para desarrollar el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.
- Aplicación de las rondas de consulta a los participantes seleccionados del método Delphi.
- Análisis descriptivo de los resultados de las consultas del método Delphi.
- Definición de variables, ponderaciones y métricas del indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano.

Objetivo específico 4:

- Análisis descriptivo de los resultados de la encuesta diseñada y aplicada en el proyecto FONDECYT Regular 1201332 que determina la pobreza energética en los hogares, sus características, manifestaciones y niveles.
- Definición del caso de estudio donde se aplicará el indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano.
- Diseño de la encuesta para probar el indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano.
- Aplicación de la encuesta para la prueba piloto del indicador multidimensional a las viviendas seleccionadas del caso de estudio.
- Análisis descriptivo de los resultados de la prueba piloto para validar el indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano.

1.3.4. Alcances

Esta tesis forma parte del proyecto FONDECYT Regular 1201332 titulado “NEXO POBREZA-ENERGÍA-VIVIENDA: lineamientos de política pública para abordar la pobreza energética desde la relación con la vivienda en áreas metropolitanas,” liderada por el investigador responsable el Dr. Felipe Encinas.

El desarrollo de este indicador multidimensional tiene como objetivo aplicarse en el área metropolitana de Santiago de Chile, de acuerdo con diversas variables ambientales, constructivas, morfológicas y socioeconómicas vinculadas a la definición de pobreza energética, en una nueva aproximación que integre el confort térmico de verano.

1.4. Metodología utilizada en los indicadores existentes para la pobreza energética integrando confort térmico de verano

1.4.1. Introducción

En este capítulo se presenta la metodología de los indicadores existentes que incluye confort térmico de verano, con el propósito de analizar la información como referencia, para la construcción del indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco.

1.4.2. Indicadores existentes de pobreza energética en Europa

El indicador aplicado en las ciudades de Polonia, Budapest, Hungría y Macedonia del Norte se basó en "datos estadísticos de la Agencia Europea de Medio Ambiente y la Encuesta de Estadísticas de la UE sobre Ingresos y Condiciones de Vida (EU-SILC)" (Thomson *et al*., 2019). Además, se realizaron por ciudad encuestas de febrero a abril del 2015 y entrevistas semiestructuradas en el verano del 2016 (tabla 1.8).

Tabla 1.8. Cifras de encuestas y entrevistas aplicadas en Polonia, Budapest, Hungría y Macedonia del Norte durante el período 2015-2016.

	Budapest	Praga	Gdansk	Skopje
Encuestas	571	620	598	598
Entrevistas	17	0	23	15

Fuente: Elaboración propia en base a Thomson *et al*., 2019.

En cuanto al confort térmico los autores de este indicador Thomson *et al*., (2019) se basan en los grados día de enfriamiento (tabla 1.9) considerando temperaturas diarias media, mínima y máxima en referencia a 22°C, por encima de la cual se requiere refrigeración.

Tabla 1.9. Grados día de enfriamiento (CDD) en Polonia, Budapest, Hungría y Macedonia del Norte.

	Budapest	Praga	Gdansk	Skopje
Grados días calefacción	2,856	3,431	4,004	2,646
Grados días enfriamiento	260	67	12	346

Fuente: Elaboración propia en base a Bouzarovski & Thomson, 2018

Adicionalmente para identificar la percepcion de las personas respecto a su vivienda confortablemente fresca se basaron en “dos módulos parte de la estadística EU-SILC (European Union Statistics on Income and Living Conditions): Vivienda equipada con instalaciones de aire acondicionado= Si/No (2007), Vivienda cómodamente fresca durante el verano= Si/No (2007 y 2012)”(Thomson *et al*., 2019). Los autores mencionaron que estos datos (tabla 1.10) se dejaron de recaudar para el 2020, lo cual supone un problema a futuro para identificar la pobreza energética en verano.

Tabla 1.10. Encuesta aplicada en Europa del Este para el indicador de pobreza energética.

Categoría de indicador	Nombre y descripción	Calificación
Indicadores de vivienda subjetivos auto informados	COND: Condensación en muros y ventanas durante el invierno DAMP: Humedad en muros o pisos MOLD: Moho en vivienda LEAK: La vivienda tiene techo con goteras WARM: La vivienda no esta confortablemente cálida durante el invierno	1= Si 2= No 1= Si 2= No 1= Si 2= No 1= Si 2= No 1= Si 2= No
Indicadores de energía subjetivos auto informados	COOL: La vivienda no esta confortablemente fresca durante el verano DAY: La casa generalmente no se calienta durante todo el día cuando hace frio afuera	1= Si 2= No 1= Si 2= No
Otros indicadores relevantes de vivienda y sociodemográficos	OWNER: Vivienda propia RENTER: Vivienda de alquiler MOVE: Cuando la persona se mudo a la vivienda SQM: Superficie de la vivienda en metros cuadrados ROOMS: Numero de habitaciones en la vivienda (excluidos los baños) SIZE: Numero de personas en el hogar AGE: Edad del encuestado en años Dheating: El hogar utiliza calefacción urbana como método principal de calefacción EEINDEX: Índice de eficiencia energética que cuenta el numero de medidas instaladas en el hogar de la siguiente lista: ventanas nuevas; nuevo sistema de calefacción; aislamiento adicional; paneles solares térmicos; electrodomésticos que ahorran energía EDUC3: Variable de educación en tres niveles FTWORK: Al menos un trabajador a tiempo completo en el hogar INC: Ingresos netos mensuales del hogar INCbin: El hogar tiene ingresos encima de la mediana CHILDHH: En el hogar hay niños PENSonly: Hogar solo para pensionistas UNDEROCCUPY: Baja ocupación, donde la baja de define cuando las habitaciones > numero de habitantes	1= Si 0=No 1= Durante los últimos 5 años 2= 5-10 años 3= 10-20 años 4= Mas de 20 años 1=Si 2=No Rango 0= sin medidas instaladas a 5= todas las medidas instaladas 1= Primaria 2= Secundaria 3= Terciaria 1= Si 2= No Varían según las tendencias de ingresos del país 1= Si 2= No 1= Si 2= No 1= Si 2= No 1= Si 2= No

Fuente: Traducción en base a Bouzarovski & Thomson, 2018.

Se observa que para el verano el indicador COOL es el único que enfatiza el confort térmico al interior de la vivienda durante el verano, mientras los datos sociodemográficos son base para el desarrollo del indicador a realizar en esta tesis.

El otro indicador propuesto en Europa, se desarrolló en las ciudades de Madrid y Londres, donde los autores Sánchez- Guevara *et al*. (2019) señalan que para Madrid se utilizaron 20 sensores de temperatura-humedad instalados por el proyecto MODIFICA (Modelo Predictivo de Rendimiento

Energético de Viviendas bajo el Efecto de Isla de Calor Urbano) funcionando en julio del 2016, en adición a los datos de tres estaciones meteorológicas urbanas de la Agencia Estatal de Meteorología, recopilados por horas de junio a agosto del 2017. Mientras que en Londres las temperaturas se obtuvieron a partir de una cuadrícula de 1 km. de temperaturas del aire por hora, modelada para el proyecto LUCID (Modelo de clima urbano local y su aplicación al diseño inteligente de ciudades) del período mayo- agosto del 2006.

En este indicador se utilizaron los grados-horas de enfriamiento (CDH), en referencia a la temperatura de confort interior adaptable estimado para cada ciudad. Sanchez-Guevara *et al*., (2019) indican que el estándar térmico adaptativo en ASHRAE 55-2013 la temperatura de confort interior depende de la temperatura exterior (figura 1.9).

Tot = Temperatura operativa de confort interior
To = Temperatura exterior media de los días anteriores.

$$Tot = 0.31\ To + 17.8$$

Fuente: ASHRAE 55-2013.

Figura 1.10. Expresión del estándar térmico adaptativo aplicado a las ciudades de Madrid y Londres.

Los autores indican que en la fórmula el valor To también se puede aplicar para los meses mientras que los umbrales de comodidad son del 90% de aceptabilidad, ya que, en hogares con personas mayores, niños o personas con enfermedades crónicas, los requisitos de confort suelen ser más elevados.

Para Madrid la demanda de energía de refrigeración (tabla 1.11) se derivó del año de construcción de la vivienda en base al Registro Español de la propiedad, donde la letra B indica la menor demanda de enfriamiento a la mayor demanda indicada por la letra D.

Tabla 1.11. Clasificación de la demanda de energía de las viviendas en base al año de construcción del Registro Español.

	B	**C**	**D**
Año de construcción	Antes 1940 De 2007 en adelante	De 1981 a 2006	De 1947 a 1980

Fuente: Elaboración propia en base a Sánchez-Guevara *et al.*, 2019.

En Londres se cuenta con información en base al Certificado de rendimiento energético (*Energy Performance Certificate*- EPC), los autores describen el proceso "calculamos la diferencia de

temperatura para las viviendas individuales y el promedio de todas las viviendas de Londres, la llamada anomalía de temperatura. Luego agregamos las anomalías, calculando el promedio durante el verano en los días en que las temperaturas superan el umbral de mortalidad por calor de Londres de 24,8 ° C, y luego por código postal de la vivienda." (Sanchez-Guevara *et al*., 2019)

Parte del desarrollo del indicador de Madrid y Londres está enfocado en la vulnerabilidad de los hogares considerando los ingresos y la edad, "los datos se obtuvieron de la Auditoría Urbana de Madrid y la Autoridad del Gran Londres" (Sanchez-Guevara *et al*., 2019), tales cifras se utilizaron en euros para la comparativa.

Los autores indican que obtuvieron los porcentajes de personas mayores de 65 años del Censo Municipal de Madrid y para Londres en base al Censo del 2011.

1.4.3. Indicadores existentes de pobreza energética en Latinoamérica

El indicador denominado “Pobreza energética en el hogar” desarrollado en México se basa en las zonas climáticas de mismo país según la clasificación de Köppen, por lo cual considera la refrigeración para determinar el confort térmico de la población y posteriormente identificar aquel porcentaje que se encuentra en riesgo de pobreza energética. Ellos toman como base “que todo hogar localizado en una zona climática cuya temperatura máxima promedio mensual supere los 26°C requiere que operen ventiladores.” (García-Ochoa & Graizbord, 2016).

Los autores García-Ochoa & Graizbord, (2016) utilizan los usos finales de energía más importantes del sector residencial con base en información que obtienen de la Secretaría de Energía según los cuales son: 1. Calentamiento de agua 2. Cocción de alimentos 3. Refrigerador 4. iluminación 5. Confort térmico (aire acondicionado y ventilación) y 6. Entretenimiento.

Después definen “los bienes económicos que actualizan y potencian los satisfactores que cubren esas necesidades, en base a la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH)” (García-Ochoa & Graizbord, 2016). Cabe mencionar que, en este indicador los usos finales de energía tienen la misma ponderación, García-Ochoa & Graizbord, (2016) determinan que un hogar se encuentra en pobreza energética cuando “no tiene la totalidad de los bienes económicos seleccionados, de esta manera el resultado de la ecuación es menor a la unidad” (figura 1.10).

$$f\left(x_i\right)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$$

Fuente: García- Ochoa & Graizboad., 2016.

Figura 1.11. Ecuación del indicador “pobreza energética en el hogar”.

Aplicado a una región con clima templado donde la privación del confort térmico no cubre ninguna necesidad, la ecuación considera cinco usos finales de energía (figura 1.11).

$$f\left(x_i\right)=\frac{X_1+X_2+X_3+X_4+X_5}{5}$$

Donde: X1= Iluminación, X2= Entretenimiento, X3= Calentamiento de agua, X4= Estufa de gas o eléctrica, X5= Refrigerador eficiente

Fuente: García- Ochoa & Graizboad., 2016.

Figura 1.12. Indicador "pobreza energética en el hogar" aplicado a una región de México con clima templado.

Y aplicado a regiones con clima cálido donde el ventilador es requerido para satisfacer el confort térmico, la ecuación considera seis usos finales de energía (figura 1.12).

$$f(x_i) = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6}{6}$$

Donde: X1= Iluminación, X2= Entretenimiento, X3= Calentamiento de agua, X4= Estufa de gas o eléctrica, X5= Refrigerador eficiente y X6= Confort térmico.

Fuente: García- Ochoa & Graizboad., 2016.

Figura 1.13. Indicador "pobreza energética en el hogar" aplicado a una región de México con clima cálido.

El otro indicador propuesto en Latinoamérica es el índice tridimensional de pobreza energética propuesto en Chile, el cual considera el confort térmico en base a la calefacción del hogar (tabla 1.12). Para fines de esta tesis es importante este indicador como referencia para base de datos y metodología utilizada, ya que uno de los objetivos del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano es su aplicación en Chile.

Tabla 1.12. Índice tridimensional de pobreza energética.

Dimensión	Indicador	Umbral de privación
Alimentación e higiene	Fuente de energía y artefacto utilizado para cocinar	Hogar utiliza parafina, leña húmeda (>25%) para cocinar.
	Sistema de agua caliente sanitaria	No tiene sistema de agua caliente sanitaria cuando exista pertinencia territorial.
Iluminación y dispositivos eléctricos	Acceso a electricidad	Hogar no esta conectado a la red de distribución eléctrica, con conexión ilegal o utiliza un generador propio cuya fuente de combustible se adquiere a más de una hora de la vivienda.
	SAIDI	Suministro eléctrico tiene interrupciones promedio de mas de 1 hora (sin considerar fuerza mayor).
Climatización de la vivienda	Fuente de energía y artefacto utilizado para calefacción	Hogar utiliza basura, carbón, leña húmeda (>25% humedad) o parafina para calefacción, mediante un artefacto que posee su fuerte de combustión permanentemente abierta a la vivienda.
	Eficiencia energética de la vivienda	Vivienda con eficiencia energética F o menor, o vivienda construida antes del 2001.
	Confort térmico	Hogar declara pasar frío al interior de la vivienda durante los meses de invierno.
Equidad en el gasto energético	Gasto excesivo en energía	Ingreso disponible del hogar- (Costos de vivienda+ Gasto energético del hogar) < Línea de pobreza equivalente.
	Sub- gasto de energía	Gasto energético del hogar < ½ de la mediana de gastos de viviendas del mismo tipo y composición (dentro de los primeros 8 deciles).

Fuente: Elaboración propia en base a Calvo *et al*., 2019.

Los autores Calvo *et al*. (2019) indican que a nivel nacional se presentan limitaciones de datos disponibles (tabla 1.13), por lo tanto, los indicadores seleccionados propuestos eran más accesibles e importantes en términos de satisfacer las necesidades energéticas básicas. Además de que este indicador tiene un origen semi- teórico, generado a partir del acceso equitativo a energía de calidad, y deberá ser contrastado en términos de la cuantificación de hogares en pobreza energética.

Tabla 1.13. Base de datos nacionales de Chile relacionados con pobreza energética.

Nombre	Descripción	Variables de interés
Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN)	Encuesta diseñada para ser representativa a nivel nacional, regional, por zona de residencia y en comunas que concentren mas del 80% de las viviendas de cada región. Su interés es caracterizar a los hogares chilenos en un conjunto de dimensiones, tales como educación, ingresos, salud, vivienda, entre otras.	Módulo de vivienda contiene preguntas sobre combustibles utilizados para cocina y calefacción.
Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF)	Encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas cada 5 años. El estudio permite conocer la estructura del gasto de los hogares urbanos y las pautas de consumo en las capitales regionales del país en un período de referencia durante 15 días, donde se registran sus gastos e ingresos y se les solicita información sobre gastos de carácter mensual (agua, luz, arriendo) y también sobre gastos realizados en los últimos 3, 6 y 12 meses.	Variables de gasto en energía e ingreso disponible en el hogar.
Encuesta Nacional de Energía (ENE)	Encuestas mandatadas por el Ministerio de Energía para el año 2015 y 2016. En el caso de la versión 2016 de la encuesta, su tamaño muestral es de 3000 casos, distribuidos no proporcionalmente según el tamaño de la población nacional mayor de 18 años, en las 6 macrozonas del país y en 94 comunas. Es representativa de la población mayor de 18 años del país.	Variables respecto a sensación de frío y confort térmico al interior de la vivienda.
Encuesta consumo de combustible para calefacción y cocción en el sector residencial	Encuesta mandatada por el Ministerio de Energía el año 2014 que tiene por objetivo cuantificar el consumo de leña y sus derivados en el sector residencial. Es representativa a nivel regional y cuenta con muestreo rural y urbano.	Variables respecto a consumo de energéticos, artefactos utilizados para calefacción y cocina.

Fuente: Elaboración propia en base a Calvo *et al*., 2019.

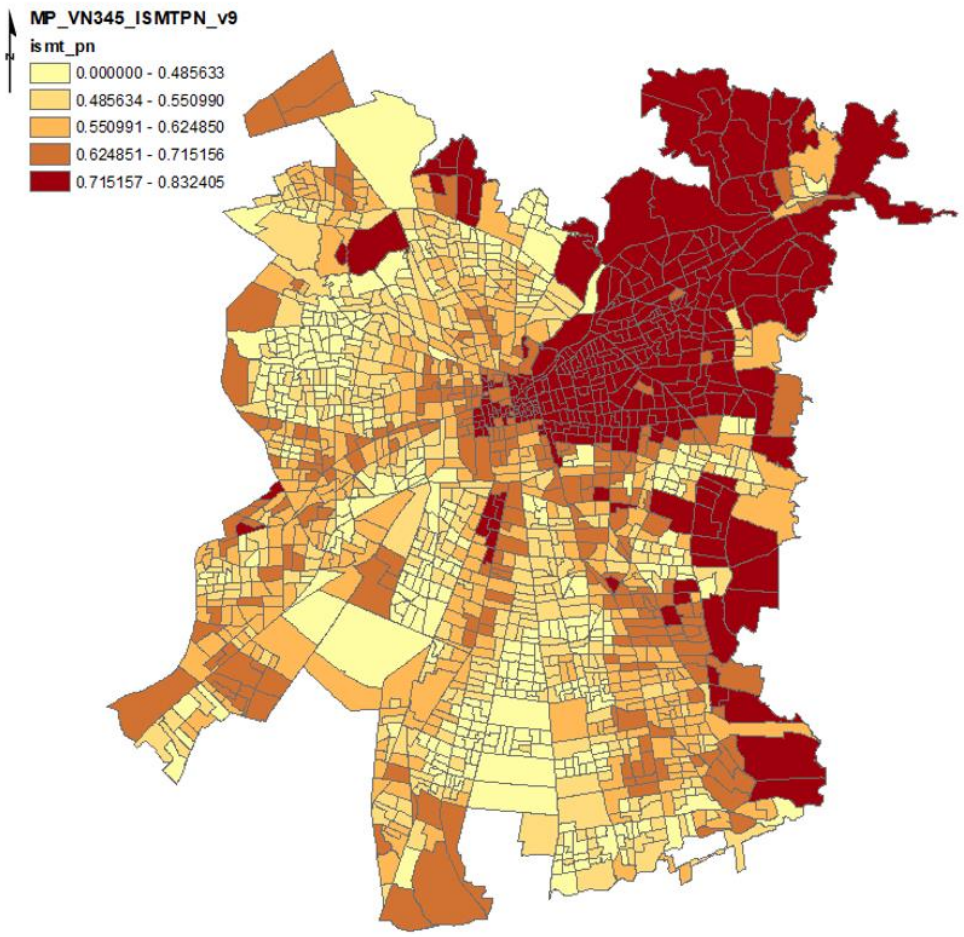
Se observa que este indicador considera usos energéticos en común con el indicador propuesto en México: 1. calentamiento de agua, 2. cocción de alimentos, 4. Iluminación, 5. confort térmico.

A raíz de las limitaciones con la base de datos nacionales existentes, el Observatorio de Ciudades UC propuso el Indicador Socio Material Territorial (ISMT) con el fin de conformar una mejor aproximación a la calidad de las viviendas en situación de pobreza energética (figura 1.13). Este indicador esta calculado en base a datos del CENSO del 2017 de la región metropolitana de Chile considerando los siguientes componentes (OCUC, 2019):

1. Índice de escolaridad del jefe de hogar: tomando en cuenta 7 niveles de escolaridad; sin instrucción, primario, secundario, profesional técnico, profesional pregrado, magíster, doctorado.

2. Índice de calidad de la vivienda: tomando en cuenta los parámetros definidos por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) para evaluar el estado de las paredes exteriores, el techo y el piso de las viviendas en base a las categorías de aceptable, recuperable e irrecuperable.

3. Índice de hacinamiento: considerando la metodología del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) que determina el hacinamiento como el número de personas residiendo en la vivienda, en relación con el número de dormitorios de esta, en base a las categorías de sin hacinamiento, medio y crítico.



Fuente: Encinas *et al*., 2019.

Figura 1.14. Indicador Socio Material Territorial (ISMT) expresado como variable continua.

Este indicador se considera útil para desarrollar el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

II

Método Delphi para la construcción del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco

2.1. Introducción del método Delphi

La decisión de elegir el método Delphi sobre otro tipo de obtención de información como la entrevista (aproximación individual) o el grupo de discusión (consenso grupal directo), es por su metodología estructurada que permite la fundamentación del conocimiento fruto del consenso. Este método surgió en Estados Unidos en la década de 1960 y se ha aplicado a problemas de educación, gobierno, industria, salud y servicios sociales (Jones & Hunter, 1995). En años recientes el método Delphi se ha utilizado para definir una futura agenda de investigación en la arquitectura del paisaje (J. V. Meijering *et al*., 2015); para definir y medir la sostenibilidad urbana en Europa (J. V. Meijering *et al*., 2018); y para caracterizar la resiliencia de los edificios a escala urbana (Cerè *et al*., 2019). Cada vez más investigaciones optan por este enfoque para la obtención de información ya que una de sus características es involucrar a expertos de diferentes áreas del conocimiento, en el método Delphi realizado se contó con la participación de ingenieros, arquitectos, sociólogos, urbanistas y geógrafos. Su participación es anónima, si bien ellos pueden conocer quiénes son los otros participantes, no conocen las respuestas de las rondas de consultas, por lo tanto, su opinión no se puede ver influenciada y las respuestas tienen mayor validación para llegar al consenso buscado.

2.2. Definición y metodología del método Delphi

El método Delphi se define como "una técnica de obtención de información, basada en la consulta de expertos en un área, con el fin de obtener la opinión de un consenso más fiable del grupo consultado". Reguant y Torrado (2016).

A continuación, Reguant y Torrado (2016) describen las características de esta herramienta elegida para la construcción del indicador multidimensional de pobreza energética que integre confort térmico de verano:

1. Proceso iterativo: Los participantes emiten su opinión en varias oportunidades, entre una y otra consulta tienen la ocasión de reflexión tanto acerca de sus propias opiniones como las emitidas por el resto de los expertos.
2. Anonimato: Los expertos pueden conocerse, pero no identifican lo que dice cada uno de ellos, a partir de esta característica no hay posibilidades de sesgo derivadas del prestigio o liderazgo de algún miembro del grupo.
3. Feedback controlado: El grupo de investigación es el que analiza las respuestas recibidas y produce la nueva consulta, poniendo énfasis en lo que se requiere de acuerdo con los objetivos de la investigación.
4. Respuesta estadística del grupo: Se procesa la información incluyendo frecuencias y medidas de tendencia, además la retroalimentación de cada ronda es en forma de información estadística.

A continuación, la descripción de cada fase del proceso (figura 2.1) por Valdés & Marín, (2013).

<u>Fase preparatoria.</u>

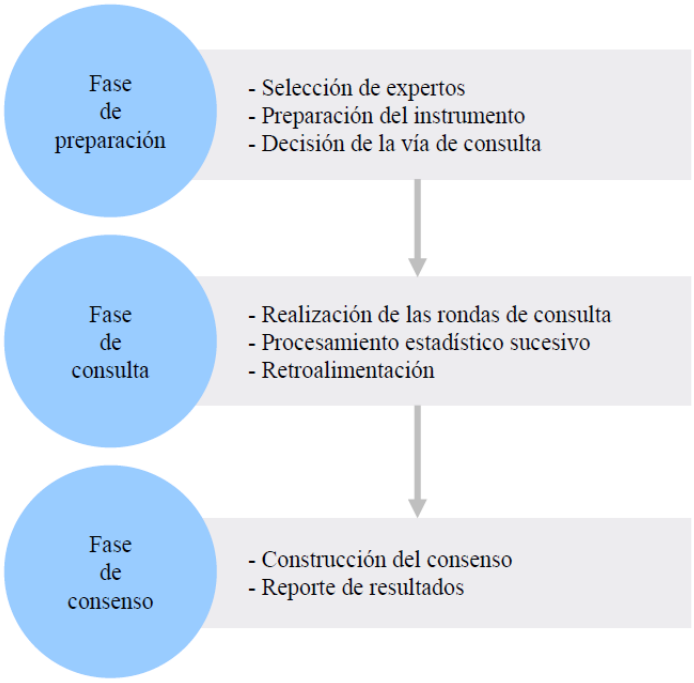
1. Selección de expertos: Siendo el grupo de expertos la fuente de información, se entiende la importancia que tiene su correcta selección y participación. En cuanto a la cantidad de participantes del grupo, Landeta, (2006) hace referencia a los estudios iniciales hechos por la Rand Corporation para establecer el tamaño óptimo del grupo, señalando un mínimo de 7 expertos y un máximo de 30. Para López-Gómez, (2018) los antecedentes, la experiencia y la disposición son condiciones del candidato experto.
2. Preparación del instrumento: es el cuestionario que va a ser sometido a la consideración de los expertos, el cual tiene que ser preciso y cuantificable. Se han encontrado cuatro formas de cuestionario, dependiendo de la respuesta solicitada: excluyente (si-no, acuerdo-desacuerdo), de ponderación (asignar un lugar de forma ascendente o descendente), continuas o tipo Likert (evaluar un intervalo) y abiertas (emitir valoraciones comentadas).
3. Decisión de la vía de consulta: en la actualidad es frecuente el uso del correo electrónico o la entrevista telefónica. Es posible la entrega directa, cuando el tamaño del panel y su cercanía lo permiten.

Fase consulta.

4. Realización de rondas de consulta: las rondas se realizan las veces que sean necesarias para lograr el consenso entre los participantes, comúnmente se realizan 2 o 3 y hasta 4 rondas. En la primera ronda se incluye una presentación con los objetivos del método Delphi, plazo de respuesta, garantía de anonimato, etc. En la segunda ronda cada experto recibe nuevamente el cuestionario, acompañado de sus respuestas y de los resultados del análisis estadístico de las respuestas grupales en la primera ronda. En las subsecuentes rondas el objetivo es disminuir la dispersión o aumentar el consenso de las opiniones de los expertos.
5. Procesamiento estadístico sucesivo: al final de cada ronda se procesan reiteradamente las respuestas a los cuestionarios, los principales análisis estadísticos que se emplean son las medidas de tendencia central y de dispersión: media, mediana, moda, máximo, mínimo y desviación típica. Habitualmente (si las desviaciones típicas no son excesivas) se utiliza la media.
6. Retroalimentación de resultados del procesamiento de las respuestas: en cada ronda subsiguiente se le devuelve a cada experto el cuestionario con su respuesta anterior, acompañado del análisis estadístico de la respuesta grupal.

Fase de consenso.

7. Construcción del consenso: el objetivo general del método Delphi es lograr el acuerdo grupal de los participantes, este nivel de acuerdo varía para diferentes asuntos, los que se utilizan con frecuencia van del 75 % al 85 %.
8. Reporte de resultados: en el informe final se deben mostrar los resultados del procedimiento en tablas o gráficos, dependiendo del tipo, estructura del cuestionario aplicado.



Fuente: Elaboración propia en base a Valdés & Marín, 2013.

Figura 2.1. Fases del proceso del método Delphi.

2.3. Participantes del método Delphi

Para fines de desarrollar el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano, se conformó un panel de expertos en temas relacionados con la pobreza energética, energías, cambio climático, eficiencia energética, desarrollo sostenible, entre otras. Se cuenta con la participación internacional del Dr. Rigoberto García Ochoa, representante en el estudio de la pobreza energética en México y la Dra. Carmen Sánchez-Guevara Sánchez, representante en el estudio de la pobreza energética en España. El panel de expertos quedo integrado de la siguiente manera:

1. Waldo Bustamante.
   Investigador de la Pontificia Universidad Católica de Chile y del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS). Doctor of Philosophy en Ciencias Aplicadas, Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, Profesor Titular en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. Es especialista en el análisis y definición de estrategias de construcción y diseño de edificios con el propósito de lograr un buen comportamiento energético.

2. Paola Valencia.
   Máster en Diseño e Ingeniería Ambiental por Bartlett School 2012-2013. Actualmente es la encargada de la Secretaria Ejecutiva de Construcción Sustentable del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile.

3. Rigoberto García Ochoa.
   Investigador por El Colegio de la Frontera Norte. Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales por El Colegio de México, autor del indicador multidimensional denominado "Pobreza energética en el hogar".

4. Carmen Sánchez-Guevara Sánchez.
   Investigadora y Dra. por la Universidad Politécnica de Madrid. Autora de una metodología de evaluación de la pobreza energética que ha permitido distinguir grupos de vulnerabilidad en el estudio técnico sobre pobreza energética en la ciudad de Madrid.

5. Alejandra Schueftan.
   Investigadora del Instituto Forestal de Chile (INFOR). Dra. en Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile y miembro de la Red pobreza energética. Se especializa en políticas públicas y estrategias de eficiencia energética.

6. Alexis Pérez Fargallo.
   Investigador por la Universidad del Bío-Bío, Chile. Doctor en tecnología de la construcción, investigación, desarrollo e innovación por la Universidad de Sevilla, 2013. Sus principales líneas de investigación son la rehabilitación, el confort ambiental, la eficiencia energética y el estudio de costos.

7. Yoselin Rozas.
   Máster en Energías Renovables y Construcción Sostenible, Arquitectura e Ingeniería por la Universidad Internacional de Andalucía. Actualmente es jefa de la Unidad de infraestructura, edificaciones y ciudades, división de energías sostenibles del Ministerio de Energía de Chile.

8. Pamela Smith Guerra.
   Investigadora en la Universidad de Chile. Doctora en Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Miembro de la Red pobreza energética, especialista en climatología urbana, percepción del clima y cambio climático.

9. Anahí Urquiza.
   Investigadora en la Universidad de Chile. Doctora en Sociología mención en Geografía por la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, Alemania. Especialista en estudios socio-ambientales, conflictos territoriales/ambientales, resiliencia y adaptación.

10. Rubén Méndez.
    Ingeniero en Recursos Naturales Renovables por la Universidad de Chile. Se especializa en estrategias energéticas, así como emprendimiento y generación de energías alternativas.

2.4. Primera consulta del método Delphi

La primera consulta se realizó mediante una reunión virtual con cada integrante del panel de expertos con el siguiente cuestionario de preguntas abiertas y una tabla de factores a ordenar según su importancia. En las preguntas abiertas además de ordenar de mayor a menor importancia su respuesta se les pide dar el argumento de esta, con el objetivo de lograr el consenso en cada ronda de consultas del método Delphi.

1. Si consideramos que pobreza energética se define como el acceso equitativo de los hogares a servicios energéticos de calidad para satisfacer sus necesidades energéticas ¿Que variables considera necesarias para poder evaluar la pobreza energética en un país en vía de desarrollo como Chile? Ordene de mayor a menor importancia.

Variable *Argumento*

2. Profundizando un poco en este tema ¿Qué aspectos socioeconómicos consideraría importantes mencionar para caracterizar la pobreza energética en Chile?

Aspecto *Argumento*

3. De manera similar, ordene los siguientes factores de mayor a menor importancia para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile.

Factores	**Ponderación**
Socioeconómicos	
Territoriales	
Ambientales	
Constructivos	
Energéticos	

4. Respecto al caso específico del verano ¿cuáles fenómenos ambientales o urbanos considera favorecen el fenómeno de la pobreza energética durante el período de calor en Chile? Entendiendo estos en relación con los impactos asociados al cambio climático en el entorno construido.

Fenómeno *Argumento*

5. Finalmente, en relación con lo anterior ¿qué variables considera necesarias para caracterizar la pobreza energética asociada a problemas de sobrecalentamiento de las viviendas y confort térmico durante el verano en Chile?

Variable *Argumento*

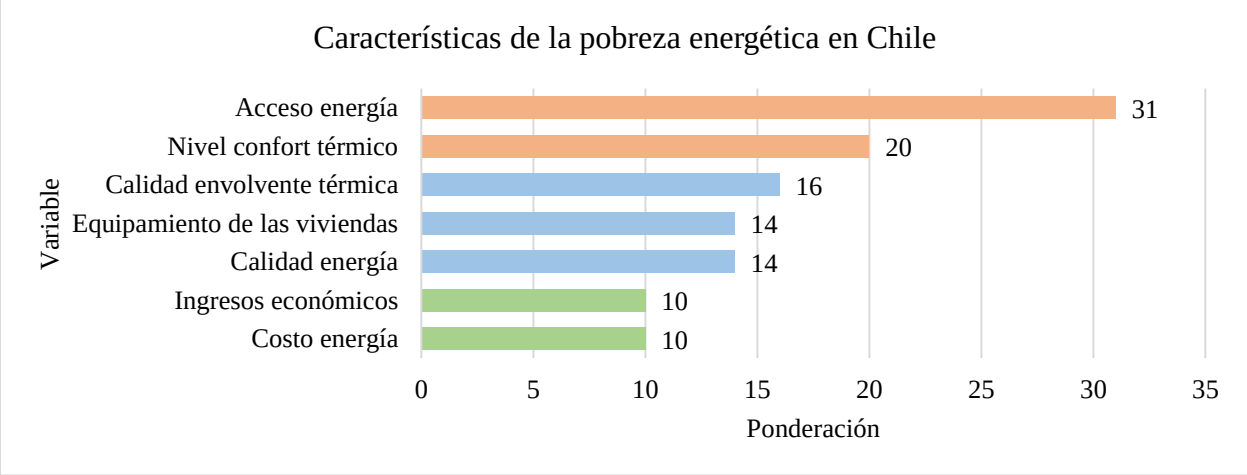
A cada respuesta del cuestionario aplicado en la primera consulta se le determino una ponderación del 5 al 1, dependiendo de la importancia que el experto le asigno. Entendiendo la ponderación de 5 puntos como la respuesta de mayor importancia para el experto, en el ejemplo que todos los expertos respondieran con la misma variable de mayor importancia, esta respuesta tendría el siguiente puntaje:

Variable 1 = Puntuación 5 x 10 participantes = 50 puntos

En el caso contrario que todos los expertos respondieran con la misma variable como la de menor importancia, la respuesta tendría el siguiente puntaje:

Variable 5 = Puntuación 1 x 10 participantes = 10 puntos

La respuesta con mayor ponderación como característica de la pobreza energética en Chile (figura 2.2) es el acceso a la energía, seguido del nivel de confort térmico que está relacionado con temperatura, humedad y envolvente en la que se encuentra el usuario. Después el equipamiento que tienen los hogares para satisfacer las necesidades energéticas en empate con la calidad de la energía a la que acceden los usuarios. Misma calidad que está relacionada con los ingresos económicos de los usuarios y con el costo de la energía misma.



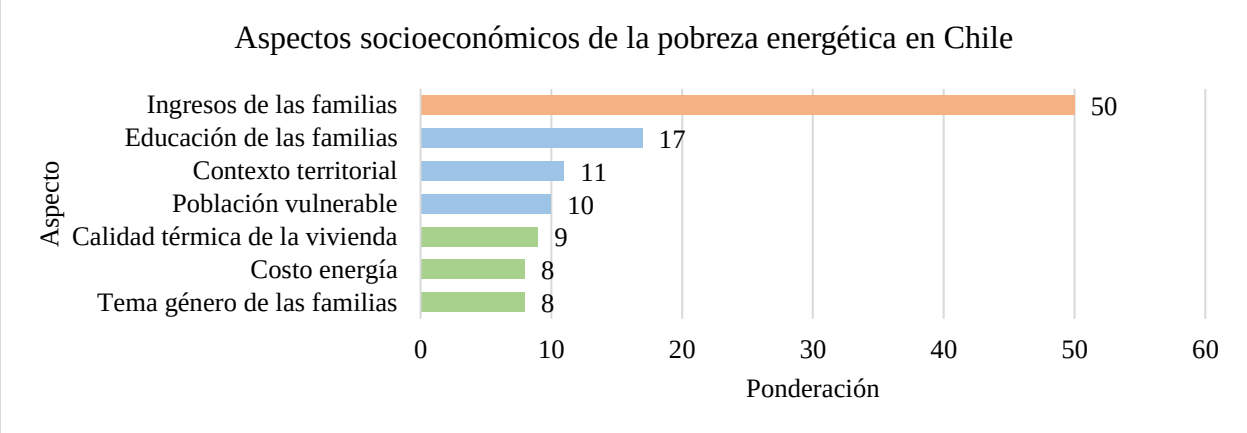
Fuente: Elaboración propia en base a la primera consulta del método Delphi.

Figura 2.2. Jerarquización del enunciado 1: ¿Que variables considera necesarias para poder evaluar la pobreza energética en un país en vía de desarrollo como Chile?

En los aspectos socioeconómicos de la pobreza energética en Chile (figura 2.3) la respuesta de los ingresos de las familias fue elegida por los 10 expertos como la de mayor importancia, de ahí su ponderación de 50 puntos. El aspecto “educación de las familias” no solo engloba el nivel

educativo de las personas, sino que también abarca los conocimientos energéticos o la educación cultural que la familia posee para hacer uso de las distintas fuentes de energía.

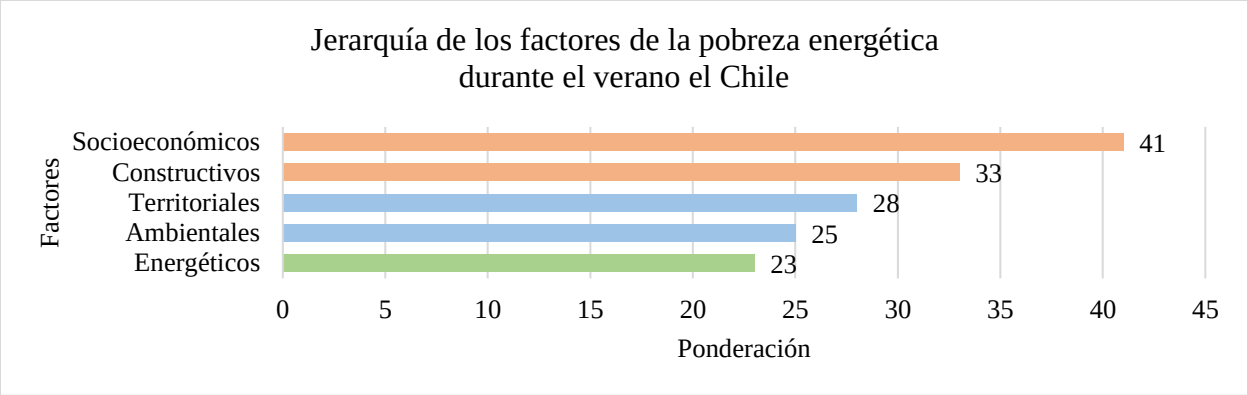
El aspecto del contexto territorial abarca el nivel de ruralidad o urbanidad en el que se inserta el hogar, mientras el aspecto de población vulnerable está relacionado con los niños, las personas de la tercera edad y los electrodependientes. Mientras que el tema de género se refiere al jefe del hogar como la persona que provee los recursos para satisfacer las necesidades básicas de la familia.



Fuente: Elaboración propia en base a la primera consulta del método Delphi.

Figura 2.3. Jerarquización del enunciado 2: ¿Qué aspectos socioeconómicos consideraría importantes mencionar para caracterizar la pobreza energética en Chile?

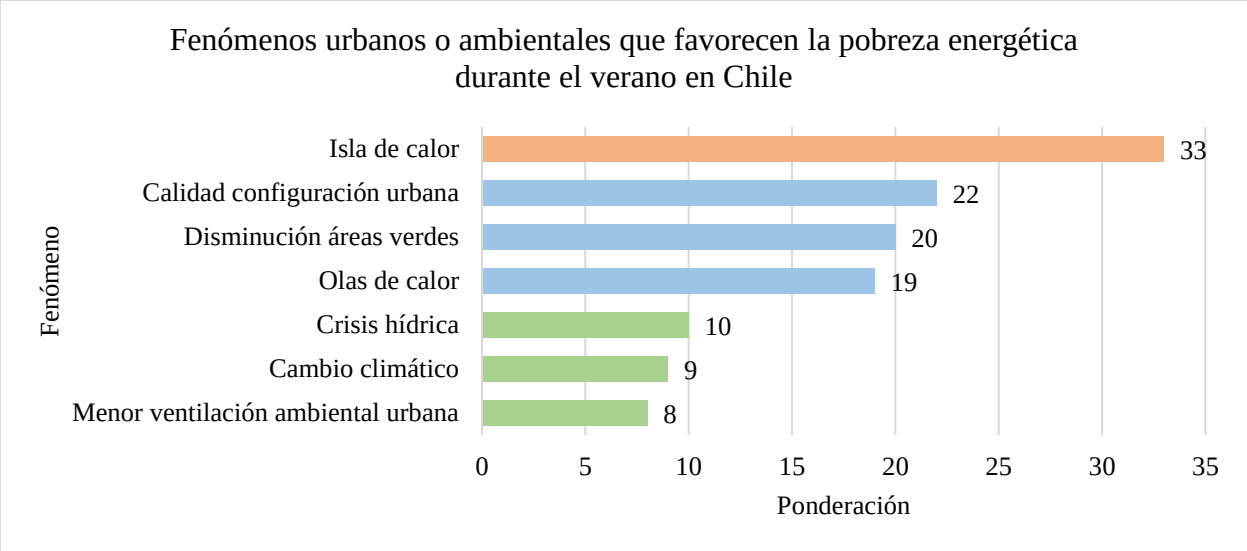
En la jerarquía de los factores para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile (figura 2.4) lo socioeconómico al igual que en el enunciado 2 lidera las opciones, seguido de los factores constructivos de la envolvente de la vivienda. En tercera posición, lo territorial hace referencia al contexto geográfico y la influencia que tiene sobre las viviendas. En cuarta posición tenemos los factores ambientales que influyen sobre el contexto geográfico y se relacionan con el aumento de temperaturas de los últimos años producto del cambio climático. La última posición la ocupan los factores energéticos que se relacionan con la energía; uso, calidad, acceso, costo, gasto y consumo.



Fuente: Elaboración propia en base a la primera consulta del método Delphi.

Figura 2.4. Jerarquización del enunciado 3: ordene los siguientes factores de mayor a menor importancia para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile.

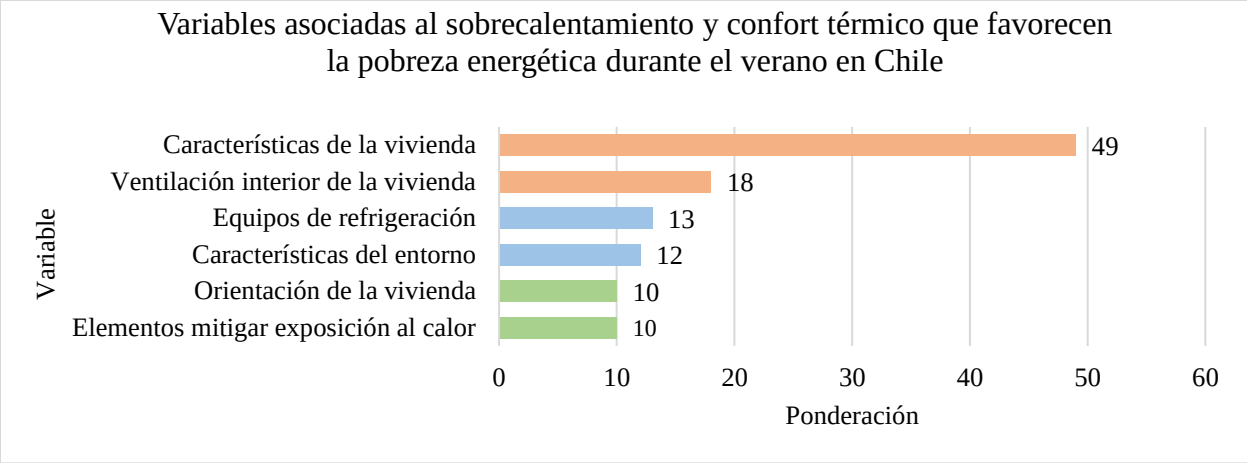
Los factores urbanos predominan sobre los ambientales para favorecer la pobreza energética durante el verano en Chile (figura 2.5). El fenómeno de mayor ponderación es la isla de calor, que se produce por el aumento de temperatura como resultado de la densidad de las edificaciones. Seguido de la configuración urbana, donde predominan asfaltos o materiales que en lugar de reflejar el calor lo absorben, agregado a la disminución de las áreas verdes. Como resultado la vivienda que se inserta en esta configuración urbana termina afectándose por estos fenómenos, logrando un aumento de uno o dos grados sobre la temperatura ambiente exterior.



Fuente: Elaboración propia en base a la primera consulta del método Delphi.

Figura 2.5. Jerarquización del enunciado 4: ¿cuáles fenómenos ambientales o urbanos considera favorecen el fenómeno de la pobreza energética durante el período de calor en Chile?

En cuanto a las variables que están asociadas al sobrecalentamiento y confort térmico durante el verano en Chile (figura 2.6), 9 de los expertos sitúan las características de la vivienda como la respuesta de mayor relevancia (5 puntos), mientras el otro experto la ubica en segundo lugar (4 puntos), de ahí su ponderación de 49 puntos. Por una diferencia mucho menor se ubica la ventilación interior de la vivienda con 18 puntos, seguido de los equipos de refrigeración que el hogar cuente para lograr el confort térmico de los usuarios durante el verano. Las características del entorno están relacionadas con el contexto en el que se inserta la vivienda, cercana a áreas verdes, rodeada de edificaciones, etc. La orientación de la vivienda empata en puntaje con los elementos que la vivienda puede tener para mitigar la exposición al calor; por ejemplo, aleros, toldos, celosías, uso de vegetación, etc.



Fuente: Elaboración propia en base a la primera consulta del método Delphi.

Figura 2.6. Jerarquización del enunciado 5: ¿qué variables considera necesarias para caracterizar la pobreza energética asociada a problemas de sobrecalentamiento de las viviendas y confort térmico durante el verano en Chile?

Los resultados de la primera consulta nos muestran que todos los expertos coinciden en 5 variables con más puntuación de las 5 preguntas presentadas; el acceso a la energía, los ingresos de las familias, los factores socioeconómicos, la isla de calor y las características de la vivienda. Lo anterior proporciona las variables asociadas al sobrecalentamiento y confort térmico junto con los aspectos sociodemográficos para las ponderaciones de la segunda consulta del método Delphi. Además de explorar las consideraciones que tienen los expertos en cuanto a mecanismos de adaptación y el gasto energético enfocado al calor durante el verano en Chile.

2.5. Segunda consulta del método Delphi

La segunda consulta se realizó vía correo electrónico y se envió al panel de expertos. En los primeros dos enunciados se les pide ponderar las respuestas con mayor ponderación de la primera consulta. Mientras en los otros enunciados el objetivo es lograr el consenso en relación del verano al consumo energético y a los mecanismos de adaptación de las personas.

1. Ordene los siguientes aspectos sociodemográficos para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile.

Aspecto	Ponderación
Población vulnerable (electrodependientes, niños y adultos mayores).	
Nivel educativo	
Género del jefe del hogar	
Edad de las personas	
Miembros del hogar	
Allegamiento de la vivienda	

2. Ordene de mayor a menor importancia las siguientes variables asociadas al sobrecalentamiento y confort térmico que favorecen la pobreza energética durante el verano en Chile.

Variable	Ponderación
Características del entorno	
Orientación de la vivienda	
Ubicación de la vivienda	
Equipos de refrigeración	
Elementos para mitigar la exposición al calor	

3. Mencione que características están relacionadas con el consumo energético durante el verano en Chile. Ordene de mayor a menor importancia.

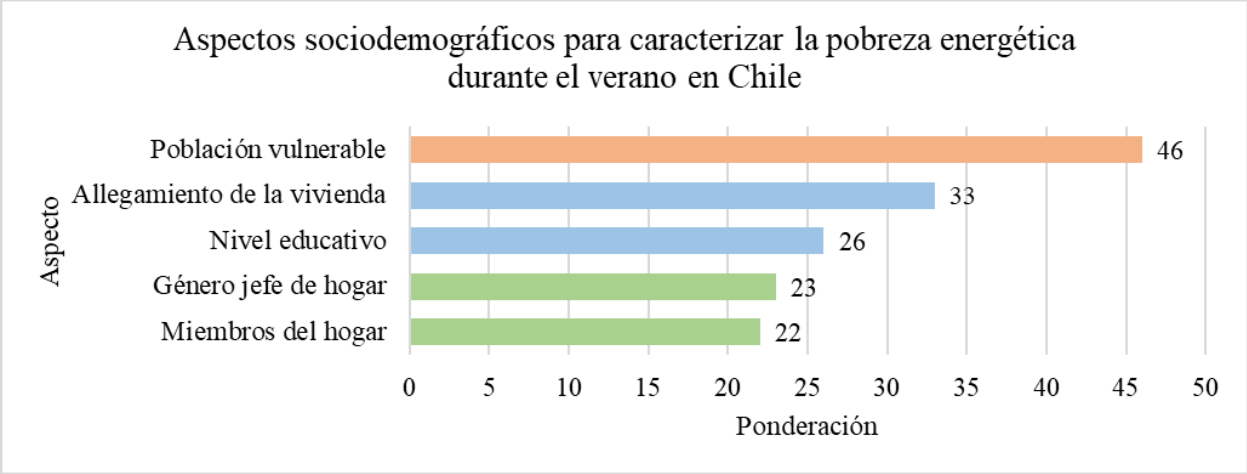
Variable *Argumento*

4. Mencione que mecanismos de adaptación en el comportamiento que las personas desarrollan durante las altas temperaturas registradas en el verano en Chile. Ordene de mayor a menor importancia.

Variable *Argumento*

Así como en las respuestas de la primera consulta, a cada respuesta del cuestionario aplicado en la segunda consulta se le determino una ponderación del 5 al 1, dependiendo de la importancia que el experto le designo. Entendiendo la ponderación de 5 puntos como la respuesta de mayor importancia para el experto.

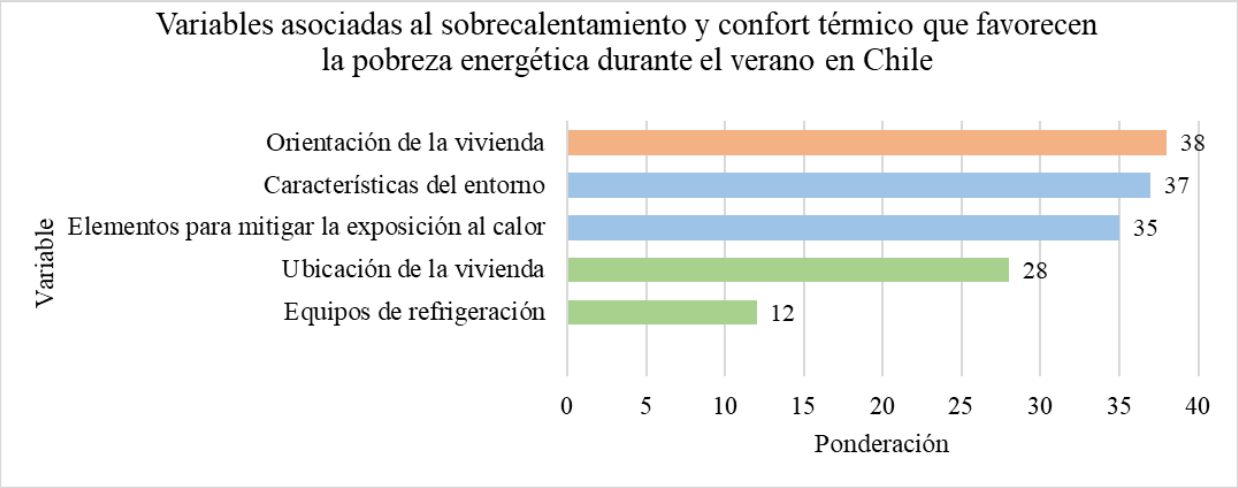
La población vulnerable, entiéndase niños, adultos mayores, personas electrodependientes lidera los aspectos sociodemográficos para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile (figura 2.7). En segundo lugar, se encuentra el allegamiento de la vivienda, situación que ocurre cuando cohabitan dos o más hogares en una misma vivienda, con el propósito de compartir los gastos de alquiler y/o servicios. Seguido del género del jefe del hogar, quien es el encargado de proveer el sustento económico de las necesidades del hogar. En última posición se encuentra la cantidad de miembros que habitan una misma vivienda; lo cual influye en el sobrecalentamiento generado por el uso de ciertos artefactos o el calor corporal de las personas.



Fuente: Elaboración propia en base a la segunda consulta del método Delphi.

Figura 2.7. Jerarquización del enunciado 1: aspectos sociodemográficos para caracterizar la pobreza energética durante el verano en Chile.

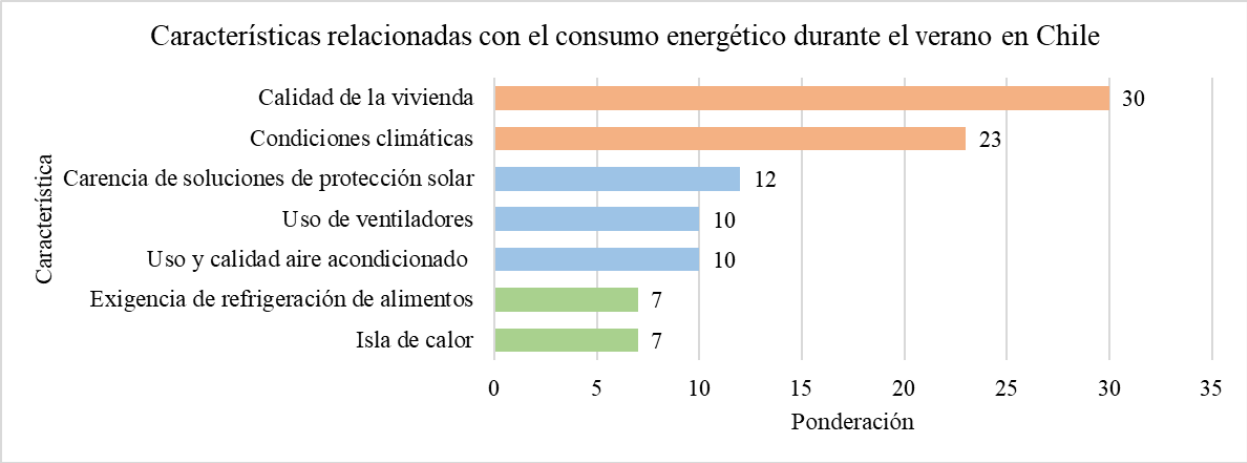
Según el consenso de la primera consulta, la variable más importante asociada al sobrecalentamiento y confort térmico para favorecer la pobreza energética durante el verano en Chile son las características de la vivienda. En esta segunda consulta se omitió la variable con mayor ponderación de la primera consulta, con el objetivo de jerarquizar el resto de las variables. En la jerarquización de la segunda consulta los resultados son distintos a la primera consulta, aquí predominan las características del entorno seguido de la orientación de la vivienda (figura 2.8). Variables que difícilmente el habitante puede modificar al acceder a una vivienda social en Chile, en comparación con variables donde si puede intervenir como los elementos para mitigar la exposición al calor o la adquisición e instalación de equipos de refrigeración.



Fuente: Elaboración propia en base a la segunda consulta del método Delphi.

Figura 2.8. Jerarquización del enunciado 2: Ordene de mayor a menor importancia las siguientes variables asociadas al sobrecalentamiento y confort térmico que favorecen la pobreza energética durante el verano en Chile.

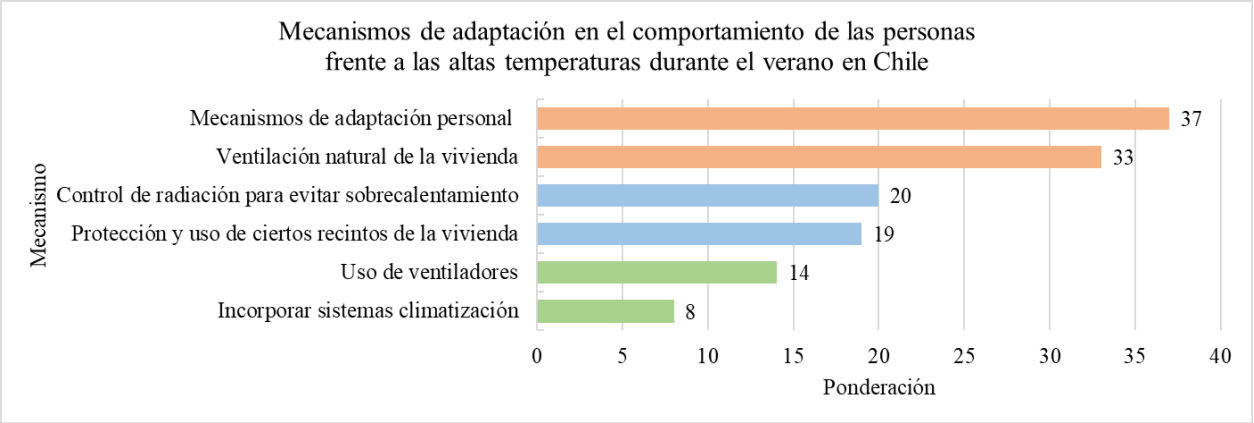
El tercer enunciado corresponde a las características relacionadas con el consumo energético durante el verano en Chile (figura 2.9), la calidad de la vivienda es la respuesta con más ponderación. Seguida de las condiciones climáticas en las que se emplaza la vivienda, continuando con la falta de soluciones de protección solar como aleros, toldos, celosías; mecanismos que ayudan a evitar el sobrecalentamiento durante el verano. Otra de las características es el uso de ventiladores, artefactos que en climas cálido seco permiten circular el aire caliente del interior y refrescar la vivienda, mientras en climas cálido húmedo se requiere de aire acondicionado y el uso de ventilador es insuficiente para hacer frente al calor del verano. La exigencia de refrigeración de alimentos o el fenómeno de isla de calor aparecen con menor ponderación.



Fuente: Elaboración propia en base a la segunda consulta del método Delphi.

Figura 2.9. Jerarquización del enunciado 3: Mencione que características están relacionadas con el consumo energético durante el verano en Chile.

Los mecanismos de adaptación frente a las altas temperaturas durante el verano (figura 2.10) que obtuvieron la mayor ponderación comprenden el enfoque personal con actividades que van desde ducharse, hidratarse o disminuir la cantidad de ropa. El segundo mecanismo es la ventilación de la vivienda, seguido del control que pueden ejercer las personas sobre la radiación recibida para evitar el sobrecalentamiento en su vivienda. El siguiente mecanismo es la protección y uso de ciertos espacios de la vivienda durante el calor del verano; en últimas posiciones el uso de ventiladores seguido por los sistemas de climatización.



Fuente: Elaboración propia en base a la segunda consulta del método Delphi.

Figura 2.10. Jerarquización del enunciado 4: Mencione que mecanismos de adaptación en el comportamiento que las personas desarrollan durante las altas temperaturas registradas en el verano en Chile.

2.6. Tercera consulta del método Delphi

En la tercera ronda del método Delphi se les envió la estructura del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano con el propósito de que el panel de expertos asignase en porcentaje el valor de cada dimensión. Se determino de la siguiente manera:

Tabla 2.1. Ponderación del enunciado: Asigne un porcentaje para cada dimensión del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano. (sumando un total de 100%)

Dimensión	Indicador	Porcentaje
Sociodemográfica	1. Ingresos económicos 2. Población vulnerable 3. Allegamiento de la vivienda 4. Nivel educativo 5. Género jefe de hogar	%
Constructiva	6. Características de la vivienda 7. Ventilación natural de la vivienda 8. Elementos para mitigar exposición al calor 9. Equipos de ventilación o refrigeración	%
Territorial	10. Isla de calor 11. Orientación de la vivienda 12. Ubicación de la vivienda	%
Climática	13. Olas de calor 14. Cambio climático 15. Crisis hídrica	%

Fuente: Elaboración propia en base a la primera y segunda consulta del método Delphi.

En base al promedio de los porcentajes de la tercera consulta se definieron las siguientes ponderaciones de las cuatro dimensiones del indicador multidimensional de pobreza energética que integra el confort térmico de verano (tabla 2.2).

Tabla 2.2. Porcentaje de las dimensiones que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

	Sociodemográfica %	Constructiva %	Territorial %	Climática %
Rubén Méndez	25	40	20	15
Alejandra Schueftan	30	30	20	20
Carmen Sánchez- Guevara	25	25	25	25
Paola Valencia	20	40	20	20
Anahí Urquiza	40	30	20	10
Yoselin Rozas	35	45	10	10
Rigoberto García	35	25	30	10
Waldo Bustamante	30	40	20	10
Alexis Pérez	40	30	20	10
Pamela Smith	35	35	20	10
Promedio total	**31.5**	**34.0**	**20.5**	**14.0**

Fuente: Elaboración propia en base a la tercera consulta del método Delphi.

Observamos que la dimensión con mayor porcentaje es la constructiva con un 34.0%, en segundo lugar, la dimensión sociodemográfica con 31.5%, seguida de la territorial con 20.5% y la dimensión con menor porcentaje de las cuatro es la climática con 14.0%.

III

Construcción del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco

3.1. Definición de variables para el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano

En base al consenso finalizado del método Delphi se consideran las siguientes variables para definir el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco (tabla 3.1). Considerando cuatro dimensiones; la sociodemográfica, la constructiva, la territorial y la climática.

Tabla 3.1. Indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Dimensión	Ítem	Variable
Sociodemográfica	Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.
	Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.
	Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.
	Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.
	Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.
Constructiva	Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.
	Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda carece de masa térmica según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.
	Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda no asegura el confort térmico durante el calor del verano.
	Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.
	Equipos de ventilación o refrigeración	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.
Territorial	Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.
	Orientación de la vivienda	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.
	Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye en el sobrecalentamiento durante el verano.
Climática	Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.
	Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.
	Humedad relativa	La vivienda es afectada por la escasez o exceso de humedad relativa afectando el confort higrotérmico durante el verano.

Fuente: Elaboración propia en base al consenso del método Delphi.

3.1.1. Dimensión sociodemográfica.

I. Ingresos económicos.

El poder adquisitivo de los hogares es fundamental para medir la pobreza energética, mismo fundamento que las rondas del método Delphi lo califican como el ítem más importante en esta dimensión.

II. Población vulnerable.

En la población vulnerable se consideran 3 categorías; la infantil comprende un rango de edad de 0 a 14 años según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Chile, la de adultos mayores a las personas mayores de 60 años, mientras que la electrodependiente comprende a las personas que requieren de una fuente eléctrica para subsistir.

III. Allegamiento de la vivienda.

El allegamiento de la vivienda ocurre cuando más de un hogar cohabitan en una vivienda, existe una correlación entre mayor cantidad de integrantes en una vivienda y un sobrecalentamiento de la vivienda durante el verano, poniendo en riesgo el confort térmico de los mismos.

IV. Nivel educativo.

El nivel educativo de los integrantes del hogar influye en los conocimientos y usos que se le da a la energía para alcanzar niveles de confort térmico durante el verano.

V. Género del jefe del hogar.

El jefe del hogar se define como la persona responsable del sustento económico del hogar, por ende, el género de esa persona influye en el poder adquisitivo del hogar para satisfacer sus necesidades.

3.1.2. Dimensión constructiva.

I. Características de la vivienda.

Las características constructivas de la vivienda influyen en la capacidad para asegurar el confort térmico durante el verano, influyendo en la percepción de los hogares de su vivienda, misma característica de carácter cualitativo que considera este ítem.

II. Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda.

La masa térmica de los elementos constructivos de la vivienda influye en el riesgo del sobrecalentamiento durante el verano, esta característica de carácter cuantitativo viene a complementar el ítem I de la dimensión constructiva. Este ítem se basa en los Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile, año 2018 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. En base a la zona térmica del país se determina la masa térmica mínima requerida de

los materiales de la vivienda (tabla 3.2), así como también proponen el índice de masa térmica correspondiente a las distintas soluciones constructivas de muros.

Tabla 3.2. Índice mínimo de masa térmica requerido por zona térmica en Chile.

Zona Térmica	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Índice mínimo de masa térmica	L	M	L	M	L	L	L	P	L

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018.

A Santiago de Chile le corresponde la zona "D", por ende, el índice de masa térmica mínimo requerido es mediano "M", y una propuesta de solución constructiva es la albañilería de ladrillo de 140 mm. de espesor.

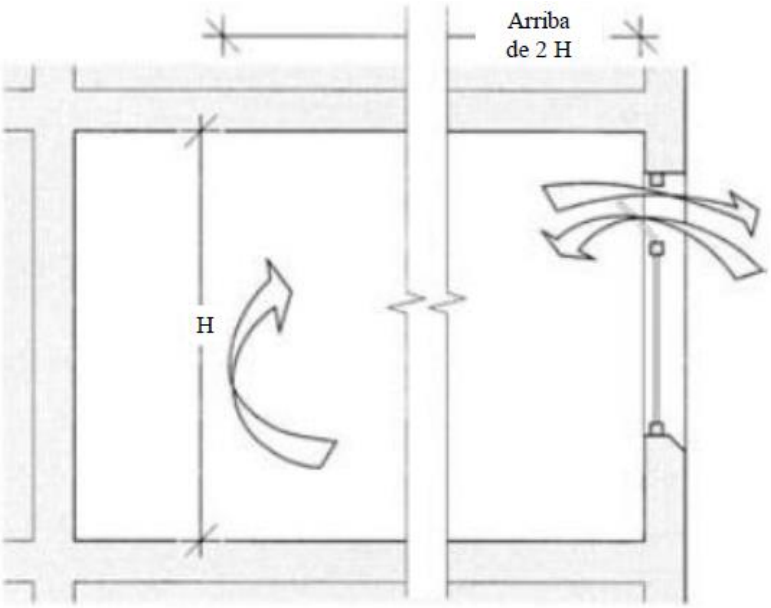
Tabla 3.3. Índice de masa térmica de distintas soluciones constructivas de muros.

Índice de masa Térmica		Solución constructiva de muros
L	Liviano	Tabiquería en madera o perfilería metálica
M	Mediano	Albañilería de ladrillo de 140 mm de espesor
P	Pesado	Muros de hormigón armado de 200 mm de espesor

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018.

III. Ventilación natural de la vivienda.

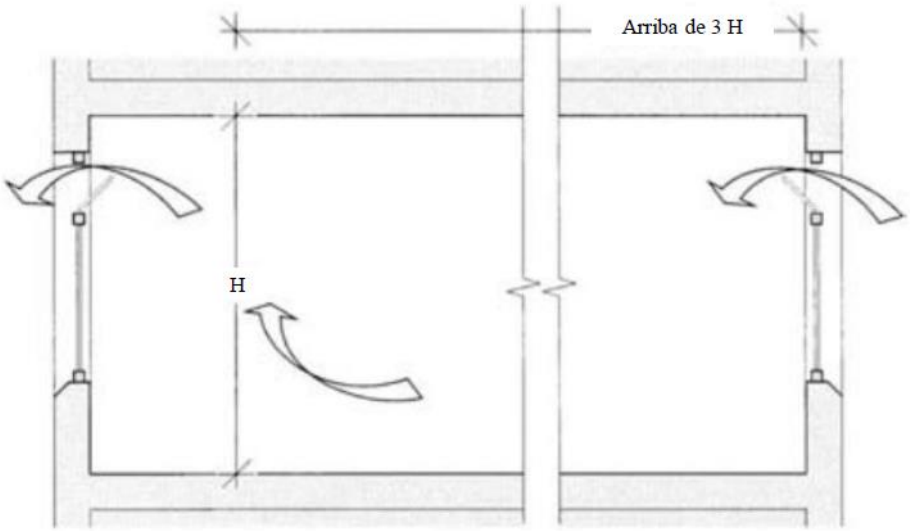
La ventilación natural de las viviendas abriendo ventanas y puertas disminuye el sobrecalentamiento de estas durante el calor del verano, por lo tanto, el correcto dimensionamiento de la ventana y la longitud del interior del espacio son clave para la circulación del aire. Existen configuraciones básicas de la correcta ventilación natural según Baker & Steemers (2016), la primera es cuando exista una sola ventana de un solo lado, la longitud de la habitación tendrá que ser aproximadamente el doble de la altura del piso al techo (figura 3.1).



Fuente: Baker & Steemers, 2016.

Figura 3.1. Distanciamiento interior óptimo para la ventilación con una sola ventana.

Mientras la ventilación cruzada es muy eficaz para las diferencias de presión generadas por el viento con una profundidad útil de hasta 9 m., o en por lo menos tres veces la altura del piso al techo (figura 3.2). Si se encuentran adosadas, las zonas de 18 m. se pueden ventilar de forma cruzada.



Fuente: Baker & Steemers, 2016.

Figura 3.2. Distanciamiento interior óptimo para la ventilación cruzada con dos ventanas.

IV. Elementos para mitigar exposición al calor.

Existen elementos para disminuir el sobrecalentamiento del interior de la vivienda por exposición al calor, como el uso de toldos, persianas, celosías, vegetación o la aislación en muros y techos.

V. Equipos de ventilación o refrigeración.

El uso de ventilador o equipo de refrigeración depende del clima del lugar donde se ubica la vivienda. Howell *et al*., (2013) indican que la norma ASHRAE 2013 permite que la zona de confort de verano se extienda encima de 26°C si el movimiento de aire promedio aumenta 0.275m/s por cada °C de aumento de temperatura. Teniendo una temperatura máxima de 28°C y movimiento de aire de 0.8 m/s. Lo anterior nos indica la necesidad del ventilador para conseguir esos niveles de movimiento de aire, al no ser viable depender de la velocidad del viento al interior de la vivienda. Los autores del indicador "Pobreza energética del hogar" García-Ochoa & Graizbord, (2016) definen el uso de un ventilador por tres personas o equipo de aire acondicionado cuando todo hogar se localice en una zona climática cuya temperatura máxima promedio mensual supere los 26°C.

Para fines del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano, se determina que la vivienda requerirá el uso de ventilador o equipo de refrigeración, cuando la temperatura promedio mensual supere los 26°C durante los meses de verano, en el caso de Chile enero, febrero y marzo.

3.1.3. Dimensión territorial.

I. Isla de calor.

Como fenómeno urbano la isla de calor afecta el posible sobrecalentamiento de las viviendas al mismo tiempo que se compromete la salud de las personas, en este escenario la existencia de áreas verdes juega un rol muy importante. La Organización Mundial de la Salud establece "9 m2 de espacio verde per cápita" (World Health Organization, 2012). Para fines del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano, se considera al Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) de Chile quien establece 10 m2 de superficie de áreas verdes públicas por habitante (INE & CNDU, 2020).

II. Orientación de la vivienda.

Las orientaciones de la vivienda influyen en la radiación solar recibida en las aberturas de las fachadas, por lo cual es imprescindible considerar la trayectoria del sol durante el verano en la ubicación donde se emplaza la vivienda. Se considera la fachada con mayor área de m2 de ventanas como orientación a analizar. Como lo indica Bustante Gómez *et al*., (2009) en el caso de Chile las ventanas se ubicarán en mayor medida en la fachada norte, si es inevitable, se localizaran en fachadas oriente y poniente, recomendando la menor superficie hacia el sur**.** Agregando que los recintos que son mayormente utilizados por la familia la mayor parte del día (comedor y dormitorios) son los que se ubicaran en fachada norte, distribuyendo el resto de los recintos hacia el sur (cocina, baños, entradas, circulaciones, escaleras).

III. Ubicación de la vivienda.

El contexto de la ubicación de la vivienda influye en el sobrecalentamiento de esta, razón por cual se tienen que considerar elementos como exceso de edificaciones, poco o nula vegetación, exceso de asfaltos y concretos, etc.

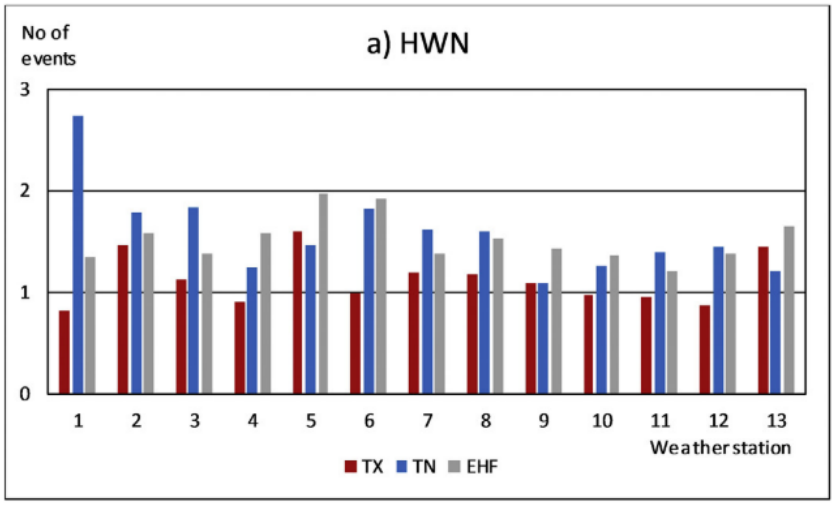
3.1.4. Dimensión climática.

I. Olas de calor.

Existen diferentes definiciones de lo que se considera un evento de ola de calor, los autores Croitoru *et al*., (2016) la definen como un período de días consecutivos con temperaturas altas inusuales. Con el propósito de conocer las definiciones y trabajos propuestos en Chile, se analizó el trabajo de Piticar (2018) quien a partir de la información de 13 estaciones de clima (figura 3.3) determino la cantidad de olas de calor en cada verano, comprendiendo un período de 1961 a 2016. Este autor define una ola de calor en base a 3 definiciones; 1. la transmisión diurna supera el percentil 90 durante al menos tres días consecutivos, 2. la temperatura mínima (TN, minimum temperature) nocturna supera el percentil 90 durante al menos tres días consecutivos y 3. el factor de exceso de calor (EHF, excess heat factor) es positivo al menos tres días.

Fuente: Piticar, 2018.

Figura 3.3. Estaciones de clima analizadas durante el período 1961-2016 en Chile.



Fuente: Piticar, 2018.

Figura 3.4. Número de olas de calor en cada verano extendido durante el período 1961-2016 en Chile, considerando la temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y factor de exceso de calor (EHF).

A partir de esas tres definiciones anteriores Piticar (2018) determino que Chile experimenta entre 0.8 y 2.7 eventos por verano extendido. Cuando se considera solo la temperatura mínima (TN, minimum temperature) la frecuencia más alta la registro Arica (estación 1) con más de 2.5 eventos por verano extendido. La frecuencia más alta según la definición del factor de exceso de calor (EHF, excess heat factor) se registró en las estaciones de Santiago y Curicó (estaciones 5 y 6) con alrededor de 2 eventos por verano extendido (figura 3.4).

Para fines de definir el ítem climático de "olas de calor" se tomará el exceso de calor (EHF, excess heat factor) del trabajo de Piticar (2018) como referencia para ponderar el total de tales eventos anuales, correspondiendo al lugar donde se emplaza la vivienda.

II. Cambio climático.

Las variaciones de temperatura producto directa o indirectamente de las acciones humanas se tienen que considerar al momento de evaluar la situación del confort térmico de las viviendas, ya que toda vivienda se encuentra sujeta a las condiciones climáticas del lugar donde se emplaza. Para definir el ítem del cambio climático es preciso conocer los cambios de temperatura del lugar donde se emplaza la vivienda durante un periodo de los últimos 30 años.

III. Humedad Relativa.

La humedad relativa al interior de la vivienda afecta directamente el confort de los integrantes del hogar. Mientras menor sea la humedad relativa más fácil resulta la evaporación, lo cual evita que se forme una capa de líquido de sudor molesto. Para fines de este ítem se considera el trabajo de Howell *et al*., (2013) basados en la ASHRAE 2013, quienes determinan que el confort se encuentran en un amplio rango de 30% y 60%.

3.2. Definición de ponderaciones y métricas para el indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.

Con el propósito de establecer los niveles de desempeño de los ítems que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano se asignaron ponderaciones a cada dimensión de la siguiente manera. Las ponderaciones de los ítems de cada dimensión se basan en la jerarquización del consenso, al cual llegaron los participantes durante la primera y segunda consulta del método Delphi.

La metodología de Alkire y Foster (2011) utilizada para medir la pobreza multidimensional en países latinoamericanos como Chile, Colombia y México, con variaciones y adaptaciones, se utiliza para calificar el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano. Esta metodología utilizada por el Ministerio de Desarrollo Social para medir la pobreza multidimensional estableció que "un hogar se encontraba en situación de pobreza si acumulaba un 25% o más de carencias, umbral equivalente al peso completo de una de las cuatro dimensiones incorporadas" (CASEN, 2015).

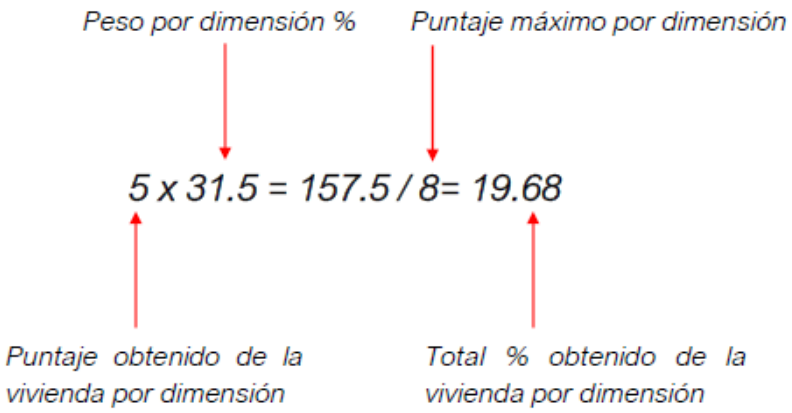
En la metodología anterior, el hogar se encontraba en situación de pobreza si acumulaba un 25% o más de carencias con 4 dimensiones, el 25% corresponde a que cada dimensión tiene el mismo peso. En el caso del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano cada dimensión tiene un peso diferente, donde la más alta corresponde a la constructiva con un 34% y la menor es la climática con un 14%, esto producto de la tercera consulta del método Delphi. Con lo anterior se determina el siguiente enunciado:

El indicador multidimensional que integra confort térmico de verano determina que el hogar se encuentra en situación de pobreza energética, si el total de su puntaje es mayor al porcentaje de la dimensión con el mayor peso.

Convertir el puntaje de la vivienda a porcentaje (figura 3.4) se realiza de la siguiente manera:

1. El puntaje obtenido de la vivienda por dimensión se multiplica por el peso de la dimensión %.

2. El resultado se divide por el puntaje máximo por dimensión (máximo 8). Se obtiene el total en porcentaje de la vivienda por dimensión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4. Expresión numérica para convertir el puntaje de la vivienda por dimensión en porcentaje total de la vivienda por dimensión.

Con lo anterior se determinan los siguientes enunciados:

Si el porcentaje total de la vivienda es *mayor* al porcentaje de la dimensión con mayor peso, el hogar se encuentra en situación de pobreza energética.

Si el porcentaje de la vivienda es *menor* al porcentaje de la dimensión con mayor peso, el hogar no se encuentra en situación de pobreza energética.

3.2.1. Ponderación de la dimensión sociodemográfica.

En esta dimensión se contemplan las cualidades de los integrantes del hogar que habitan la vivienda, sus ingresos económicos, el nivel educativo, la cantidad de integrantes pertenecientes a una población vulnerable, el género del jefe del hogar y el allegamiento de la vivienda (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Ítems de la dimensión sociodemográfica del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Ítem sociodemográfico	Variable	Ponderación
Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.	Ingreso suficiente del hogar = 0 puntos Ingreso insuficiente del hogar = 3 puntos
Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.	1 integrante = 1 punto 2 integrantes o más= 2 puntos
Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.	1 hogar= 0 puntos 2 hogares o más = 1 punto
Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.	Integrantes realizan acciones para ahorrar energía: Si realiza = 0 puntos No realiza = 1 punto
Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.	Masculino= 0 puntos Femenino= 1 punto

Fuente: Elaboración propia en base al consenso del método Delphi.

El ítem de ingresos económicos tiene dos variables, si el ingreso es suficiente para cubrir el gasto energético del hogar para lograr el confort térmico durante el verano tiene un total de 0 puntos, de lo contrario cuando es insuficiente tiene la ponderación de 3 puntos.

La ponderación de un hogar con 1 miembro perteneciente a población vulnerable equivaldrá a 1 punto, 2 miembros o más integrantes equivaldrán a 2 puntos.

El allegamiento de la vivienda ocurre cuando más de un hogar cohabitan en una vivienda, por ende, si un hogar habita una vivienda tendrá 0 puntos, cuando 2 hogares o más cohabitan en una vivienda tendrá una ponderación de 1 punto.

Si los integrantes realizan acciones para el ahorro de la energía tendrán 0 puntos, de lo contrario tendrán una ponderación de 1 punto.

Por último, si el jefe del hogar pertenece al género femenino le corresponde una ponderación de 1 punto, de lo contrario si pertenece al género masculino le corresponde una ponderación de 0 puntos.

Las ponderaciones más altas de cada ítem perteneciente a la dimensión sociodemográfica tendrán un total de 8 puntos, mismos que se sumaran junto con el resto de las dimensiones que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

3.2.2. Ponderación de la dimensión constructiva.

Esta dimensión contempla la calidad de la vivienda, considerando su envolvente, el diseño de esta que permite una óptima ventilación natural, los elementos para mitigar la exposición al calor y la instalación de equipos que permiten al hogar alcanzar el confort térmico durante el verano (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Ítems de la dimensión constructiva del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Ítem constructivo	Variable	Ponderación
Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Muy calurosa = 3 puntos Calurosa = 3 puntos Ligeramente calurosa = 2 puntos Ni calurosa ni fría = 0 puntos
Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda no cumple con la masa térmica mínima requerida según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Si cumple = 0 puntos No cumple = 2 puntos
Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda asegura el confort térmico durante el calor del verano.	Espacios con una sola ventana: Distanciamiento interior > 2 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 2 H= 1 punto Espacios con dos ventanas: Distanciamiento interior > 3 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 3 H= 1 punto
Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.	Uso de persianas = 0 puntos Uso de toldos = 0 puntos Uso de vegetación= 0 puntos Uso de celosías = 0 puntos Aislación en muros y techos = 0 puntos Ningún elemento = 1 punto
Equipos de ventilación o refrigeración*	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Uso de ventilador = 0 puntos Uso de aire acondicionado = 0 puntos Ningún equipo =1 punto

* El uso del equipo depende de las exigencias climáticas para lograr el confort higrotérmico donde se ubica la vivienda.

Fuente: Elaboración propia en base al consenso del método Delphi.

En el ítem de características de la vivienda, la percepción de los hogares dentro de su vivienda se determina en cuatro niveles variables de confort térmico durante el calor del verano, siendo la definición “muy calurosa” y “calurosa” las más altas con ponderación de 3 puntos, y la definición “ni calurosa ni fría” con 0 puntos.

En el ítem de riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda, cuando la vivienda cumple con el índice de masa térmica mínimo requerido a su zona térmica le corresponde una ponderación de 0 puntos, cuando no cumple le corresponde una ponderación de 2 puntos.

En el ítem ventilación natural de la vivienda, la mayoría de los espacios con una o dos ventanas se ponderan de la siguiente forma:

Mayoría de espacios con una sola ventana.

- Cuando el distanciamiento interior es mayor a 2 veces la altura les corresponde una ponderación de 0 puntos.
- Cuando el distanciamiento interior es menor a 2 veces la altura les corresponde una ponderación de 1 punto.

Mayoría de espacios con dos ventanas.

- Cuando el distanciamiento interior es mayor a 3 veces la altura les corresponde una ponderación de 0 puntos.
- Cuando el distanciamiento interior es menor a 3 veces la altura les corresponde una ponderación de 1 punto.

En cuanto a los elementos para mitigar la exposición al calor que la vivienda emplea durante el verano se definen los elementos comúnmente usados, el uso de cualquier elemento aportará 0 puntos a la ponderación total, de lo contrario si el hogar no utiliza ningún elemento tendrá la ponderación de 1 punto.

Por último, el carecer de algún equipo para alcanzar el confort térmico durante el verano, ya sea de ventilación o refrigeración tendrá la ponderación de 1 punto.

Las ponderaciones más altas de cada ítem perteneciente a la dimensión constructiva tendrán un total de 8 puntos, mismos que se sumaran junto con el resto de las dimensiones que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

3.2.3. Ponderación de la dimensión territorial.

En esta dimensión se contemplan las características que afectan al lugar donde se emplaza la vivienda e influyen en el confort térmico de los hogares durante el verano (tabla 3.6). Se mencionó inicialmente la isla de calor como uno de los efectos negativos del cambio climático y la importancia de integrarse a los estudios de pobreza energética, además de considerar la orientación y la ubicación de la vivienda.

Tabla 3.6. Ítems de la dimensión territorial del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Ítem territorial	Variable	Ponderación
Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.	La ubicación de la vivienda cumple con 10 m2 de área verde por habitante: Si cumple = 4 puntos No cumple = 0 puntos
Orientación de la vivienda*	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.	Orientación Norte = 0 puntos Orientación Sur = 1 punto Orientación Poniente = 3 puntos Orientación Oriente = 1 punto
Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye al sobrecalentamiento durante el verano.	Exceso de edificaciones = 1 punto Exceso asfaltos y concretos = 1 punto

* Orientaciones corresponden a Santiago de Chile, las cuales varían dependiendo del clima del lugar donde se ubica la vivienda.

Fuente: Elaboración propia en base al consenso del método Delphi.

Para el ítem de isla de calor se utiliza los m2 de área verde por habitante del lugar donde se ubica la vivienda. Si el lugar no cumple con los 10 m2 establecidos por el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) la vivienda tendrá una ponderación de 4 puntos. Si el lugar donde se ubica la vivienda cumple con los 10 m2 tendrá una ponderación de 0 puntos.

Para el ítem de orientación de la vivienda, en el caso de Santiago de Chile la orientación poniente recibe más incidencia solar por lo cual tendrá una ponderación de 3 puntos, la orientación norte tendrá una ponderación de 0 puntos, y las orientaciones oriente y sur tendrán 1 punto.

El contexto de la ubicación de la vivienda influye en el sobrecalentamiento de esta, razón por la cual el exceso de edificaciones, asfaltos y concretos tendrán una ponderación de 1 punto.

Las ponderaciones más altas de cada ítem perteneciente a la dimensión territorial tendrán un total de 8 puntos, mismos que se sumaran junto con el resto de las dimensiones que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

3.2.4. Ponderación de la dimensión climática.

En esta dimensión se consideran los fenómenos y eventos climatológicos que inciden en el lugar donde se ubica la vivienda (tabla 3.7), lo cual tiene implicancias en el confort térmico durante el verano, como son las olas de calor, el cambio climático y la humedad relativa.

Tabla 3.7. Ítems de la dimensión climática del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Ítem climático	Variable	Ponderación
Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.	Cantidad de olas de calor presentes en los últimos 2 años: 1 ola de calor = 0 puntos 2 olas de calor = 1 punto 3 olas de calor = 2 puntos 4 olas de calor = 3 puntos 5 o más olas de calor = 4 puntos
Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.	Incremento de temperatura media durante los últimos 30 años: 0° C = 0 puntos 0.5° C = 2 puntos 1° C = 3 puntos
Humedad relativa	La vivienda es afectada por la escasez de humedad en el aire influyendo en el confort higrotérmico durante el verano.	Humedad relativa* al interior de la vivienda: 30- 60 % = 0 puntos Menor 30 % = 1 punto Mayor a 60% = 1 punto

Fuente: Elaboración propia en base al consenso del método Delphi.

Si la vivienda experimenta 5 o más olas de calor en los últimos 2 años le corresponderá la máxima ponderación de 4 puntos, si experimenta 4 olas de calor tendrá 3 puntos, 3 olas de calor tendrá 2 puntos, 2 olas de calor 1 punto, y la menor ponderación de 0 puntos es para 1 ola de calor.

En cuanto al ítem de cambio climático, si el aumento de temperaturas corresponde a 0° C la ponderación será de 0 puntos, cuando sea de 0.5° C corresponderá 2 puntos, cuando el aumento corresponde a 1° C corresponderá a 3 puntos.

En el caso de Chile se tomó como referencia las temperaturas de los anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile, mismos que corresponden al período de 1990 a 2019 (último año del cual existen registros) de la estación Santiago-Quinta Normal de la Región Metropolitana. De esos anuarios se registran la temperatura media anual y las temperaturas medias de los meses de verano, (tabla 3.8) en el caso de Chile enero, febrero y marzo.

Tabla 3.8. Aumentos de temperatura registrados del período 1990-2019 de la estación Santiago- Quinta Normal de la Región Metropolitana en Chile.

Año	Temperatura media °C Mensual Enero	Temperatura media °C Mensual Febrero	Temperatura media °C Mensual Marzo	Temperatura media °C anual
1990	21.2	19.3	17.2	14.3
2000	21.0	19.6	17.8	14.6
2010	21.8	19.9	18.8	14.2
2019	21.5	21.6	18.1	15.2
Diferencia	**0.3**	**2.3**	**0.9**	**0.9**

Fuente: Elaboración propia en base a anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile período 1990-2019.

Se observa que el aumento de temperatura anual es de 0.9° C por lo cual le corresponde una ponderación de 2 puntos.

Por último, el ítem de humedad relativa considera si el interior de la vivienda se encuentra fuera de los rangos de confort (30-60%) le corresponderá la ponderación de 1 punto.

Las ponderaciones más altas de cada ítem perteneciente a la dimensión climática tendrán un total de 8 puntos, mismos que se sumaran junto con el resto de las dimensiones que conforman el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

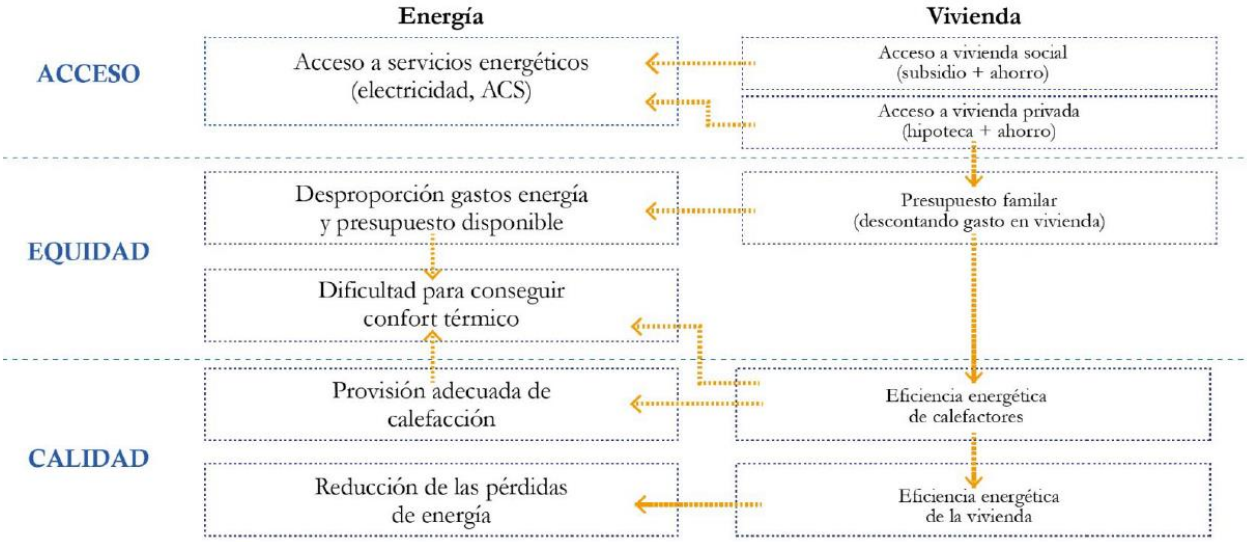
IV

Evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco

4.1. Proyecto "Nexo pobreza- energía- vivienda".

Al presentarse la oportunidad de formar parte del proyecto FONDECYT Regular 1201332, uno de los requisitos de ser tesista fue trabajar en torno a la pobreza energética, mientras la decisión de enfocarse en el confort térmico del verano fue resultado de observar la falta de incorporación de este en los estudios de pobreza energética actuales.

El proyecto FONDECYT Regular 1201332 tiene como objetivo general utilizar el nexo "pobreza-energía-vivienda" (figura 4.1) como estrategia para proponer lineamientos de política pública que contribuyen a superar la pobreza energética en Chile, desde la escala del hogar hasta la ciudad.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.1. Esquema de relación entre energía y vivienda a partir de las 3 dimensiones de la pobreza energética.

La investigación toma como área de estudio el Gran Santiago proponiendo trabajo de campo mediante la aplicación de una encuesta para la evaluación de la pobreza energética y la realización de entrevistas semi- estructuradas. Con el escenario de la pandemia COVID-19 se anexo el muestreo microbiológico al proyecto, con el objetivo de analizar patrones microbiológicos y vulnerabilidad bajo condiciones de pobreza energética.

4.2. Caso de estudio: Villa Altué Sur, comuna de Renca.

El programa piloto de la presente investigación y del proyecto FONDECYT Regular 1201332 corresponde a la Villa Altué Sur, ubicada en calle Once de Diciembre en la comuna de Renca (figura 4.2), a faldas del cerro Renca.

Este condominio fue seleccionado como perteneciente a un grupo homogéneo (clúster) dentro del área metropolitana de Santiago, particularmente interesante para el estudio de la pobreza energética, toda vez que presenta condiciones desfavorables de calidad material de las viviendas y socioeconómicas, mayor amplitud térmica anual (es decir, más frío en invierno y más calor en verano) y concentrada mayoritariamente en la tipología de vivienda con familias con hijos.

La Villa Altué Sur del año 2009 está compuesto por 39 viviendas sociales de 44.00 m2 y 2 niveles construidos inicialmente. Este proyecto incremental permite aumentar los metros cuadrados de vivienda construidos hasta 67.00 m2 y 3 niveles, según los recursos y posibilidades de cada familia, razón por la cual todas las viviendas actuales son diferentes entre sí.

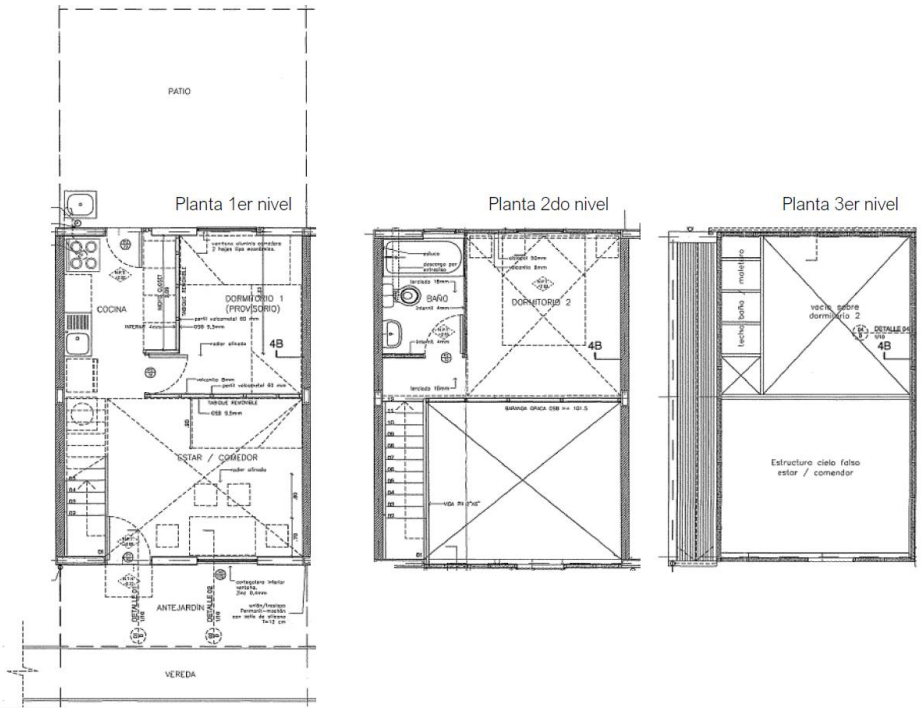
Fuente: Google Earth.

Figura 4.2. Ubicación geográfica de la Villa Altué Sur.

La materialidad de las viviendas contemplada en el proyecto original es de albañilería reforzada con vigas de hormigón armado en primer nivel y en los muros medianeros. En los pisos superiores la estructura corresponde a tabiquería de carpintería metálica con aislante térmico de poliestireno expandido de 50 mm. Las ventanas son de vidrio simple con marco de aluminio. La cubierta es de zinc y como aislante térmico presenta una capa de poliestireno expandido de 80 mm.

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.3. Fachada de la Villa Altué Sur.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.4. Planta de vivienda inicial entregada de la Villa Altué Sur.

4.3. Análisis descriptivo de los resultados de la encuesta del proyecto "Nexo pobreza-energía- vivienda".

Una de las actividades del proyecto FONDECYT Regular 1201332 para determinar la condición de la pobreza energética en los hogares, sus características, manifestaciones y niveles, es el diseño y la implementación de una encuesta (anexo 01) para la evaluación de la pobreza energética en un programa piloto. Misma encuesta integra:

1. Antecedentes sobre el hogar.

2. Antecedentes de salud.

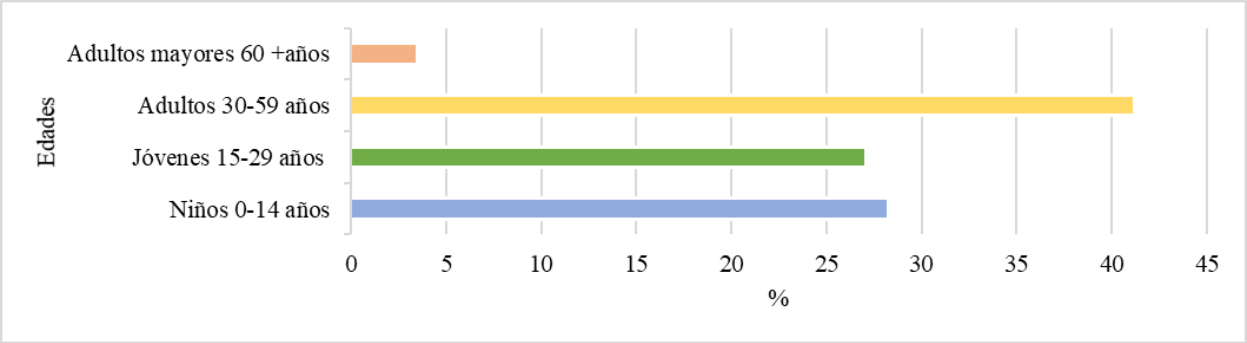
3. Antecedentes energéticos sobre electricidad, calefacción y otras fuentes de energía.

4. Antecedentes económicos.

5. Antecedentes de la vivienda.

Tal encuesta se aplicó en enero del 2021 otorgando la información de 85 de sus habitantes que analizaremos a continuación.

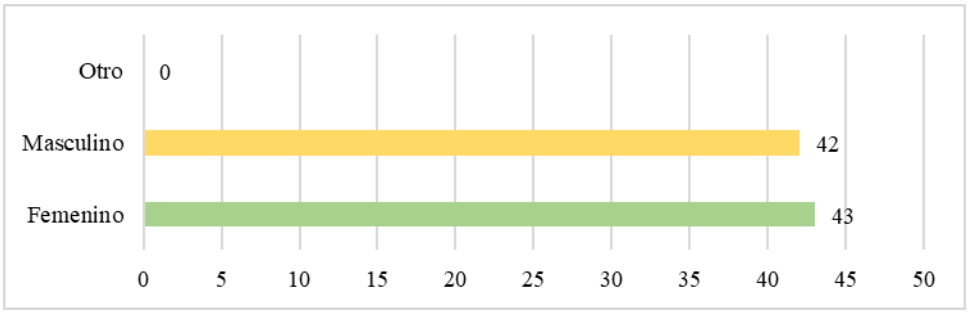
El mayor porcentaje de los habitantes de la Villa Altué Sur corresponde a la categoría de adultos de 30 a 59 años con un 41.2%, seguido del 28.2% de los niños de 0 a 14 años. Mientras el 27.1% corresponde a los jóvenes de 15 a 29 años para finalizar con un 3.5% de los adultos mayores de 60 años o más (figura 4.5).



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda y clasificación de la población según el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Figura 4.5. Clasificación por edades de los habitantes encuestados de la Villa Altué Sur.

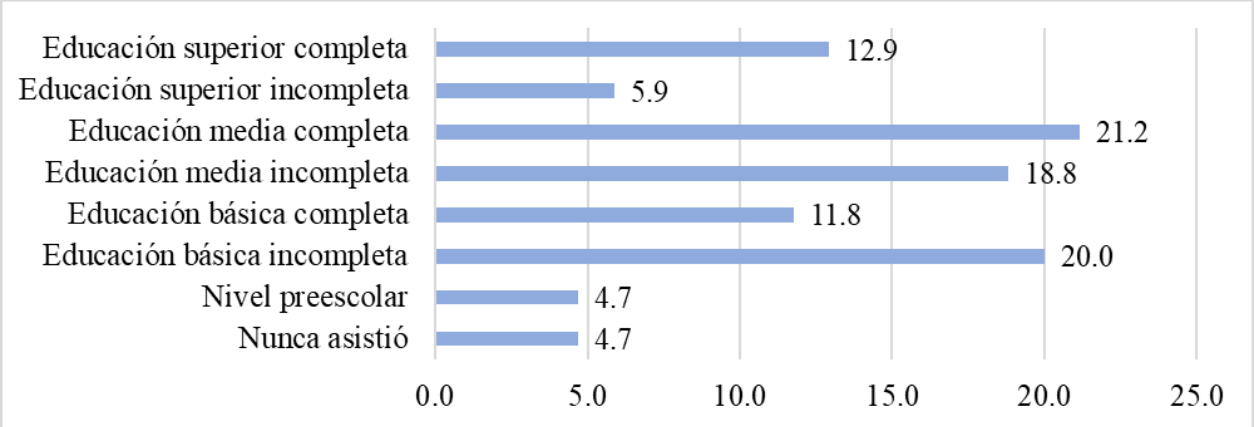
De esa población encuestada 43 personas corresponden al género femenino, 42 al masculino y ninguna se identificó de otro género (figura 4.6).



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda

Figura 4.6. Género los habitantes encuestados de la Villa Altué Sur.

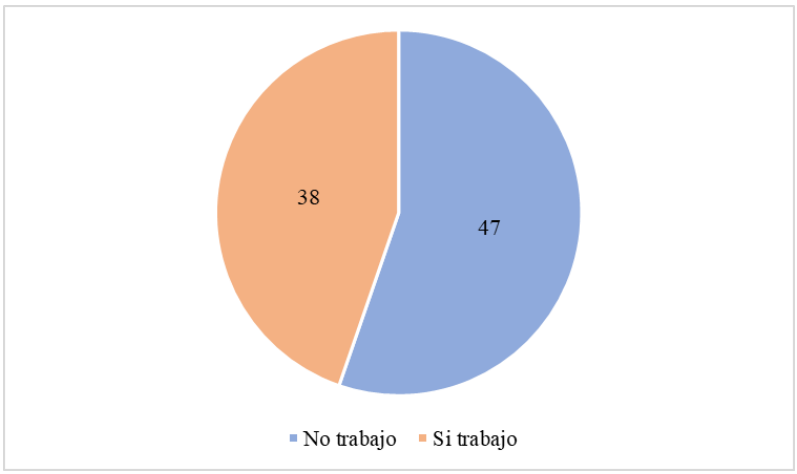
La encuesta nos muestra tres niveles educativos predominantes (figura 4.7); la educación media completa de mayor porcentaje, seguida de la educación básica incompleta y después la educación media incompleta. Cabe mencionar que el porcentaje etiquetado en la categoría de "nunca asistió" corresponde a los 4 habitantes de 1 y 2 años, quienes no cumplen con la edad suficiente para ingresar al sistema escolar nacional.



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda

Figura 4.7. Nivel educativo de los habitantes encuestados de la Villa Altué Sur.

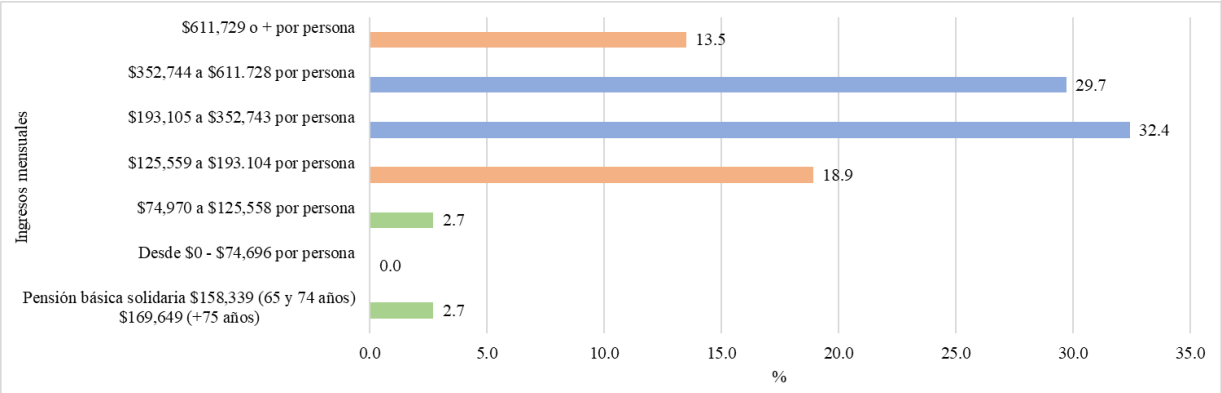
Se pregunto a los habitantes si habían trabajado al menos una hora durante la semana previa a la encuesta, sin considerar los quehaceres del hogar, y 38 personas indicaron que sí (figura 4.8). Considerando que son 19 viviendas las encuestadas, se podría deducir que son 2 integrantes de la familia el sustento económico por cada vivienda.



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda

Figura 4.8. Habitantes de la Villa Altué Sur que declararon trabajar al menos una hora la semana previa a la entrevista, sin considerar los quehaceres del hogar.

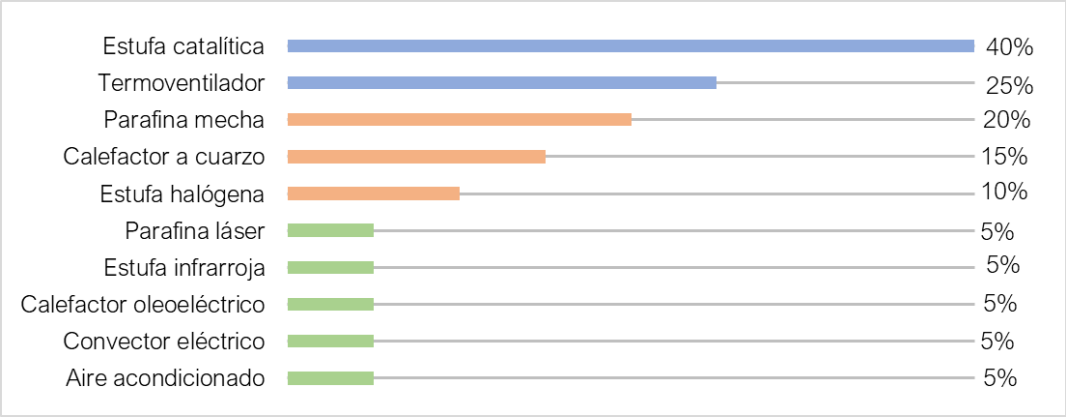
De esa población económicamente activa el mayor porcentaje corresponde al 32.4% que percibe ingresos mensuales entre $193,105 a $352,743 CLP por persona (figura 4.9). Mientras que el 43% de los trabajadores percibe ingresos arriba del ingreso mínimo mensual de $326,500 CLP, de acuerdo con la Ley 21283 promulgada el 02 de nov del 2020 por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social. El 18.9% percibe entre $125,559 a $193,104 CLP por persona, monto menor que el ingreso mínimo mensual. El 2.7% corresponde a ingresos entre $74,970 a $125,558 CLP a la par del porcentaje de la población que declaro recibir pensión básica solidaria.



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda

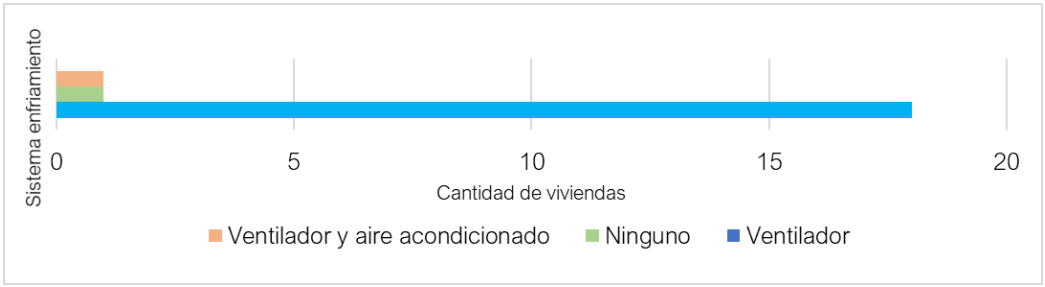
Figura 4.9. Ingresos mensuales por persona de los habitantes encuestados de la Villa Altué Sur.

Se mencionan los artefactos que las personas utilizan para calefaccionar durante el invierno (figura 4.10); en la siguiente gráfica observamos que la estufa catalítica es el predominante, con menor porcentaje le sigue el termo ventilador y la parafina a mecha. Para el verano 18 viviendas declararon utilizar ventilador (figura 4.11), una menciono que no utiliza ningún artefacto y otra declaro utilizar ambos sistemas de enfriamiento para contrarrestar los efectos del calor al interior de su vivienda.



Fuente: Encuesta de Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

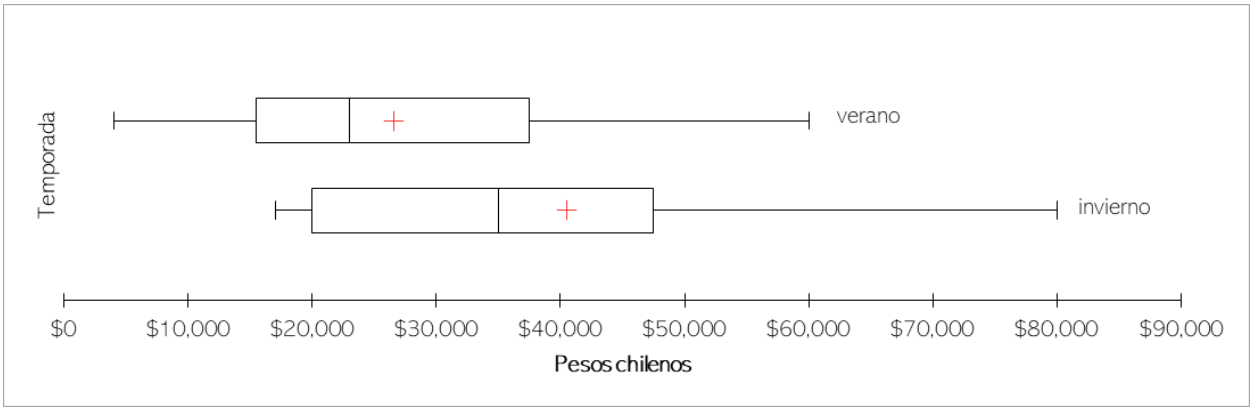
Figura 4.10. Artefactos utilizados para el frío durante el invierno en Chile.



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta del Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.11. Artefactos utilizados para el calor durante el verano en Chile.

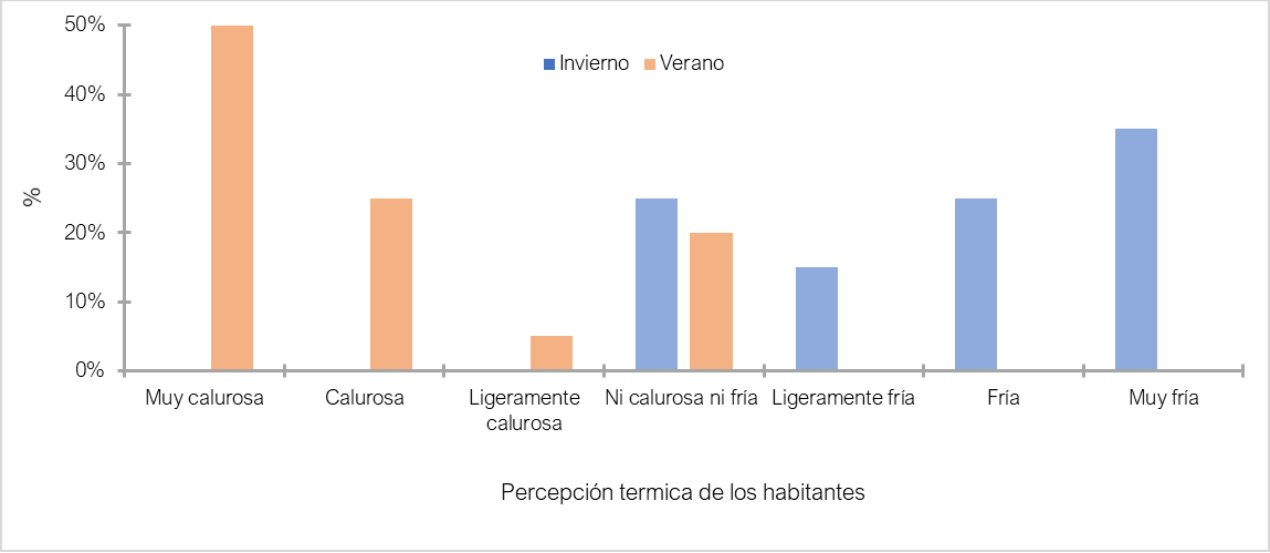
Las personas indicaron gastar más dinero en electricidad durante el invierno que durante el verano (figura 4.12); lo cual se corrobora al ver la gráfica anterior donde se observa que casi todas las viviendas utilizan el ventilador para enfriarse, el cual tiene un consumo mínimo en comparación con un equipo de aire acondicionado, mismo que solo una vivienda declaro utilizar.



Fuente: Encuesta de Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.12. Diagrama de caja representando con la cruz roja el gasto promedio de electricidad en un mes de invierno y verano de los habitantes de la villa Altué Sur.

Revisando la percepción de la vivienda en términos de sensación térmica de los usuarios, se infiere que los artefactos de enfriamiento y calefacción descritos anteriormente no son suficientes para lograr niveles de bienestar térmico; indicando que un 25% de los usuarios consideran su vivienda ni calurosa ni fría durante el invierno, y solo un 20% durante el verano (figura 4.13). Además, que el 50 % considera su vivienda muy calurosa en contraste con el 35% que la considera muy fría durante el invierno.



Fuente: Encuesta de Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.13. Percepción de la vivienda en términos de sensación térmica de los habitantes de la villa Altué Sur.

Se podría considerar que los veranos son más intensos que los inviernos en Chile o que las personas desarrollan mecanismos de adaptación al frío y se vuelve parte de su normalidad, información que se analizara con las encuestas para validar el indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

4.4. Encuesta para la evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.

Para la evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano, se toma en cuenta el apartado de antecedentes del hogar (tabla 4.1) de la encuesta diseñada y aplicada por el proyecto FONDECYT Regular 1201332 "Nexo Pobreza Energía- Vivienda" en enero del 2021. Con el objetivo de conocer las características sociodemográficas de los hogares y poder identificar a la población vulnerable de los mismos.

Tabla 4.1. Apartado de antecedentes del hogar para determinar la condición de la pobreza energética en los hogares.

Antecedentes del hogar						
Enumere a los miembros del hogar y conteste las siguientes preguntas						
P35 Nombre		**P36.1 Edad**	**P36.2 Genero**	**P37 Nivel educativo del integrante**	**P38 Jefe/a de hogar**	**P39 Relación de parentesco con jefe/a de hogar**
Indique el nombre de pila (sin apellido) u otra manera de nombrar a cada integrante del hogar		(número)	1) Femenino 2) Masculino 3) Otro	1) Nunca asistió 2) Nivel preescolar 3) Educación básica incompleta 4) Educación básica completa 5) Educación media incompleta 6) Educación media completa 7) Educación superior incompleta 8) Educación superior completa 9) Posgrado (magíster, doctorado)	0) No 1) Si	(escribirla)
1	Quién responde la encuesta					
2	(agregar una fila en la base de datos)					
3	(agregar una fila en la base de datos)					

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Además del apartado anterior, en el desarrollo de esta tesis se diseñó una encuesta (tabla 4.2), que tiene como enfoque el estudio del confort térmico del verano, con el propósito de conocer los horarios de ventilación de las viviendas, mecanismos de adaptación al calor de las personas, características y modificaciones de la vivienda, orientación y ubicación de la vivienda, entre otras.

Tabla 4.2. Encuesta diseñada y aplicada en el desarrollo de esta tesis, para la evaluación del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Entrevistado (nombre, edad, género):	
ID del hogar	1 ¿Cuántas personas residen habitualmente en su vivienda?

Dimensión sociodemográfica						
P2 ¿Todas las personas que residen habitualmente en esta vivienda comparten presupuesto de alimentación?	P3 ¿Qué tan importante es para Ud. la eficiencia energética?	P4 ¿Qué acciones realiza para ahorrar energía en su vivienda?	P5 En verano ¿Tiene problemas para pagar la cuenta de luz o comprar combustible tipo gas licuado?	P6 En términos de sensación térmica, su vivienda en verano (enero, febrero y marzo) es:	P7 En términos de sensación térmica, ¿qué espacio es particularmente caluroso en verano?	P8 Razones por las cuales abre ventanas y puertas de su vivienda durante el verano (puede seleccionar +1)
0) Si 1) No 0) Si ¿Cuántos grupos tienen presupuesto de alimentación separado?	0) Muy importante 1) Importante 2) Neutral 3) Poco importante 4) Nada importante	0) Especifique	0) Siempre 1) La mayoría de las veces si 2) Algunas veces si, algunas veces no 3) La mayoría de las veces no 4) Nunca	0) Muy calurosa 1) Calurosa 2) Ligeramente calurosa 3) Ni calurosa ni fría 4) Ligeramente fría 5) fría 6) Muy fría	0) Baño 1) Cocina 2) Living- comedor 3) Dormitorio ppal. 4) Dormitorio sec. 5) Ninguno 6) Otro, especifique	0) Para hacer aseo 1) Para hacer entrar aire limpio 2) Para refrescar 3) Para remover humo de cigarro, malos olores. 4) Otro, especifique

P9 Indique a qué hora ventila abriendo las ventanas y durante cuánto tiempo lo hace.

Horas del día	Menos de media hora	Entre media hora y 1 hora	Entre 1 hora y 2 horas	Más de 2 horas
Mañana (entre 8:00 y 12:00)				
Mediodía (entre 12:00 y 15:00)				
Tarde (entre 15:00 y 18:00)				
Tarde-noche (entre 18:00 y 21:00)				
Noche (entre 21:00 y 08:00)				

Dimensión constructiva						
P10 En verano, aunque haga calor, ¿con que frecuencia abre ventanas y puertas?	P11 ¿Que espacios ventila en su vivienda abriendo ventanas y puertas?	P12 Indique cuanto abre sus ventanas para ventilar para dormir.	P13 indique cual las razones por la que Ud. no duerme con la ventana abierta en verano	P14 Al momento de ventilar su vivienda (abriendo ventanas y puertas) ¿con que frecuencia logra refrescar su vivienda?	P15 ¿Su vivienda cuenta con ventilador para refrescarse durante el verano?	P16 ¿Dónde ubica el ventilador durante el verano?
0) Siempre 1) La mayoría de las veces si 2) Algunas veces si, algunas veces no 3) La mayoría de las veces no 4) Nunca	0) Baño 1) Cocina 2) Living- comedor 3) Dormitorio ppal. 4) Dormitorio sec. 5) Ninguno 6) Otro, especifique 7) Todos los anteriores	0) Solo una rendija 1) Mitad ventana 2) Ventana completa 3)	0) Para que no me de frio por la noche 2) Para evitar corrientes de aire 3) Por el ruido exterior 4) Por la iluminación exterior 5) Para que no entren insectos 6) Para evitar contaminación exterior 7) Por privacidad 8) Por seguridad 9) Otro	0) Siempre 1) La mayoría de las veces si 2) Algunas veces si, algunas veces no 3) La mayoría de las veces no 4) Nunca	0) Si 1) No	0) Baño 1) Cocina 2) Living- comedor 3) Dormitorio ppal. 4) Dormitorio sec. 5) Ninguno 6) Otro, especifique

P17 ¿Cuántas horas usa ventilador durante el verano?	P18 ¿Cuándo usa el ventilador durante el verano?	P19 ¿Su vivienda cuenta con aire acondicionado para refrescarse durante el verano?	P20 ¿Dónde ubica el aire acondicionado durante el verano?	P21 ¿Cuántas horas usa AC durante el verano?	P22 ¿Cuándo usa el aire acondicionado para refrescarse durante el verano?	P23 Durante el verano ¿deja de utilizar algún espacio debido al exceso de calor?
0) Mañana 1) Mediodía 2) Tarde 3) Noche	0) Cuando siento exceso de calor 1) Cuando hay reuniones familiares 2) Cuando abro ventanas y puertas 3) Cuando me quiero dormir 4) Otro, especifique	0) Si 1) No	0) Baño 1) Cocina 2) Living- comedor 3) Dormitorio ppal. 4) Dormitorio sec. 5) Otro, especifique	0) Mañana 1) Mediodía 2) Tarde 3) Noche	0) Cuando siento exceso de calor 1) Cuando hay reuniones familiares 2) Cuando me quiero dormir 3) Otro especifique	0) Si 1) No ¿Cuál (s)?

Dimensión constructiva						
P24 ¿Los espacios con exceso de calor son?	P25 Si los espacios son ampliados ¿De qué materiales son?	P26 ¿Qué modificaciones temporales realiza en su vivienda debido al exceso de calor el verano?	P27 ¿Su vivienda tiene algún tipo de protección para el sol (persianas exteriores, cortinas madera)?	P28 ¿Qué artefactos generan calor al interior de su vivienda durante el verano?	P29 ¿Qué elementos de su entorno ayudan a aumentar el exceso de calor de su vivienda durante el verano?	P30 ¿Qué actividades realiza durante el verano para disminuir el calor corporal?
0) Incluidos en el proyecto original 1) Ampliados posteriormente	0) Especifique	0) Colocar persianas/ cortinas, celosías 1) Remover ventanas 2) Cambiar de ubicación mobiliario 3) Otro, especifique 4) Ninguna	0) Si 1) No ¿En qué espacios?	0) Refrigerador 1) Ventilador 2) Aire acondicionado 3) Televisión 4) Secadora 5) Cocina 6) Horno / microondas 7) Otro	0) Exceso de viviendas 1) Pocos árboles, parques, áreas verdes 2) Exceso asfalto y concretos 3) Entorno natural 4) Otro, especifique	0) Hidratarse 1) Ducharse 2) Disminuir ropa 3) Colocar piscinas armables 4) Disminuir actividad física

Mecanismos de adaptación / Salud					
P31 ¿algún familiar o Ud. se ha enfermado debido al exceso de calor al interior de su vivienda durante el verano?	P32 ¿Qué situación ha presentado debido al exceso de calor al interior de su vivienda durante el verano?	P33 ¿Ha considerado adquirir un aire acondicionado para hacer frente al calor del verano?	P34 Si, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente por tener AC en su vivienda?	P35 No, Indique las razones por las que no le gustaría tener un AC en su vivienda	P36 ¿Ha pensado modificar permanentemente su vivienda debido al exceso de calor en verano?
0) Si 1) No ¿Quién?	1) Deshidratación 2) Desmayos 3) Mareos/ dolor cabeza 4) Calambres 5) Golpe de calor 6) Fatiga 7) Otra, especifique	0) Si 1) No	0) Menos $30,000 1) Entre $30,000 - 60,000 2) Entre 60,000 y $90,000 3) Mas de $90,000	1) Porque no lo necesito 2) Porque los equipos son muy caros 3) Porque gastan mucha electricidad 4) Porque ocupan mucho espacio 5) Porque visualmente son feos 6) Porque contaminan 7) Otro, especifique	0) Si 1) No ¿Cuáles modificaciones?

Fuente: Elaboración propia.

Una vez diseñada la encuesta se eligió la villa Altué Sur en la comuna de Renca para aplicarse en dos visitas durante el mes de julio del 2021. Para tales visitas se realizaron protocolos de seguridad; comenzando con una prueba de antígeno COVID-19 marca Singclean previa al trayecto, la cual también se ofreció a los encuestados. Misma prueba de antígeno se realizó 5 días después de la visita con resultados negativos (anexo 02).

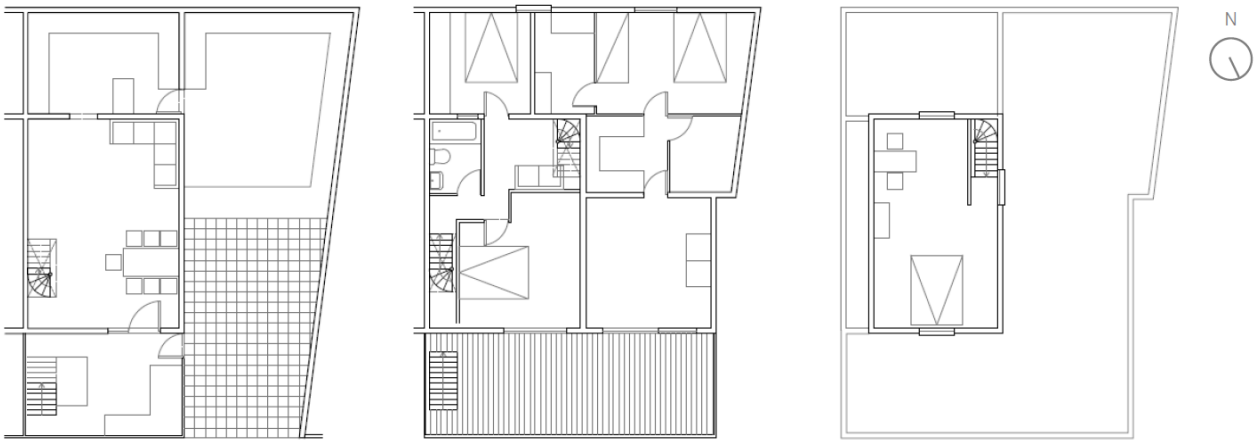
4.5. Resultados del indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.

Con el objetivo de validar el indicador multidimensional en un muestreo heterogéneo se eligieron 10 viviendas con diferentes orientaciones (figura 4.14), agregando que espacialmente son diferentes ya que las familias han incrementado y modificado las viviendas según sus posibilidades y recursos económicos. A continuación, se desglosa la validación del indicador multidimensional de 4 viviendas en específico: 8, 9,6 y 3.

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.14. Plano de conjunto de la Villa Altué Sur con las viviendas seleccionadas para la validación del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano.

Vivienda #8. Orientación norte.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.15. Plantas arquitectónicas de la vivienda 8 ubicada en la villa Altué Sur.

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.16. Viviendas con orientación norte de la villa Altué Sur.

Dimensión sociodemográfica vivienda 8.

La vivienda 8 utiliza una parte de la planta baja para uso comercial de barrio, por lo cual se ha ampliado en la totalidad del predio disponible (figura 4.15). El hogar está conformado por 6 integrantes, uno de ellos tiene 1 año, según el ítem sociodemográfico de "población vulnerable" le corresponde 1 punto. El encuestado declaro que no tener problemas para pagar los servicios del hogar con sus ingresos económicos durante el verano, por lo cual el ítem de "ingresos económicos" tiene un puntaje de 0 puntos. En la misma vivienda los integrantes no comparten un presupuesto de alimentación, por lo tanto, se consideran dos hogares, lo que el ítem de "allegamiento de la vivienda" tiene un puntaje de 1 punto. La encuestada respondió no realizar acciones para ahorrar energía en su vivienda, por lo tanto, el ítem "nivel educativo" tiene un puntaje de 1 punto. Mientras el ítem de "género del hogar" tiene un puntaje de 1 punto al ser el jefe del hogar femenino.

Tabla 4.3. Dimensión sociodemográfica del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #8.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Sociodemográfica	Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.	Ingreso suficiente del hogar = 0 puntos Ingreso insuficiente del hogar = 3 puntos	0
	Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.	1 integrante = 1 punto 2 integrantes o más= 2 puntos	1
	Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.	1 hogar= 0 puntos 2 hogares o más = 1 punto	1
	Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.	Integrantes realizan acciones para ahorrar energía: Si realiza = 0 puntos No realiza = 1 punto	1
	Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.	Masculino= 0 puntos Femenino= 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**4**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión constructiva vivienda 8.

En términos de sensación térmica durante el verano, el encuestado declaro que su vivienda es muy calurosa, por lo cual el ítem de "características de la vivienda" tiene un puntaje de 3 puntos. Añadió que los espacios más calurosos de su vivienda son el piso 2 y 3 que corresponden a los dormitorios, mismos que fueron ampliados posteriormente con material liviano como yeso cartón. La mayoría de los espacios tienen una ventana para ventilar naturalmente, pero la distancia del interior no es 2 veces la altura de piso a techo, razón por la cual obtiene 1 punto en el ítem "ventilación natural de la vivienda". Cabe mencionar que en planta baja la única ventana existente se encuentra en el local comercial donde despachan a los clientes y no es útil para ventilar los espacios del comedor, sala y cocina. También declaro que utilizan persianas en los dormitorios para mitigar el calor del verano, por lo cual el ítem "elementos para mitigar la exposición al sol" tiene 0 puntos. En cuanto al ítem de "equipos de ventilación o refrigeración", el encuestado declaro utilizar ventilador

durante la temporada de verano, ubicado en el living- comedor y en los dormitorios, durante 2 a 3 horas por las tardes.

Tabla 4.4. Dimensión constructiva del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #8.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Constructiva	Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Muy calurosa = 3 puntos Calurosa = 3 puntos Ligeramente calurosa = 2 puntos Ni calurosa ni fría = 0 puntos	3
	Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda no cumple con la masa térmica mínima requerida según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Si cumple = 0 puntos No cumple = 2 puntos	0
	Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda no asegura el confort térmico durante el calor del verano.	Espacios con una sola ventana: Distanciamiento interior > 2 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 2 H= 1 punto Espacios con dos ventanas: Distanciamiento interior > 3 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 3 H= 1 punto	1
	Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.	Uso de persianas = 0 puntos Uso de toldos = 0 puntos Uso de vegetación= 0 puntos Uso de celosías = 0 puntos Aislación en muros y techos = 0 puntos Ningún elemento = 1 punto	0
	Equipos de ventilación o refrigeración	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Uso de ventilador = 0 puntos Uso de aire acondicionado = 0 puntos Ningún equipo =1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**4**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión territorial vivienda 8.

La comuna de Renca tiene 4.58m2 de superficie de área verde según datos del Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano del año 2018 (anexo 03) por lo tanto no cumple con los 10m2 exigidos y le corresponde un puntaje de 4 puntos en el ítem "isla de calor". Para el ítem "orientación de la vivienda" la fachada con mayor área de ventanas se ubica al norte, por lo tanto, le corresponde una ponderación de 0 puntos. Por último, el encuestado considera que el exceso de asfalto del contexto incrementa el sobrecalentamiento de su vivienda durante el verano, por lo que le corresponde 1 punto en el ítem "ubicación de la vivienda".

Tabla 4.5. Dimensión territorial del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #8.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Territorial	Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.	La ubicación de la vivienda cumple con 10 m2 de área verde por habitante: Si cumple = 0 puntos No cumple = 4 puntos	4
	Orientación de la vivienda	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.	Orientación Norte = 0 puntos Orientación Sur = 1 punto Orientación Poniente = 3 puntos Orientación Oriente = 1 punto	0
	Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye al sobrecalentamiento durante el verano.	Exceso de edificaciones = 1 punto Exceso asfaltos y concretos = 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión climática vivienda 8.

De acuerdo con los registros del trabajo de Piticar (2018) Santiago experimenta alrededor de 2 olas de calor por verano extendido, por 2 años resulta en 4 olas de calor, por lo que al ítem “olas de calor” le corresponde una ponderación de 4 puntos.

Analizando los registros de temperatura de Santiago se registró un aumento de temperatura promedio de 0.9° C por lo que le corresponde un puntaje de 2 puntos. Por último, la humedad relativa entra en el rango de confort lo que le da una ponderación de 0 puntos.

Tabla 4.6. Dimensión climática del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #8.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando criterios de confort de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Climática	Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.	Cantidad de olas de calor presentes en los últimos 2 años: 1 ola de calor = 0 puntos 2 olas de calor = 1 punto 3 olas de calor = 2 puntos 4 olas de calor = 3 puntos 5 o más olas de calor = 4 puntos	3
	Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.	Incremento de temperatura media durante los últimos 30 años: 0° C = 0 puntos 0.5° C = 2 puntos 1° C = 3 puntos	2
	Crisis hídrica	La vivienda es afectada por la escasez de humedad en el aire influyendo en el confort higrotérmico durante el verano.	Humedad relativa al interior de la vivienda: 30- 60 % = 0 puntos Menor 30 % = 1 punto Mayor a 60% = 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje final de la vivienda 8.

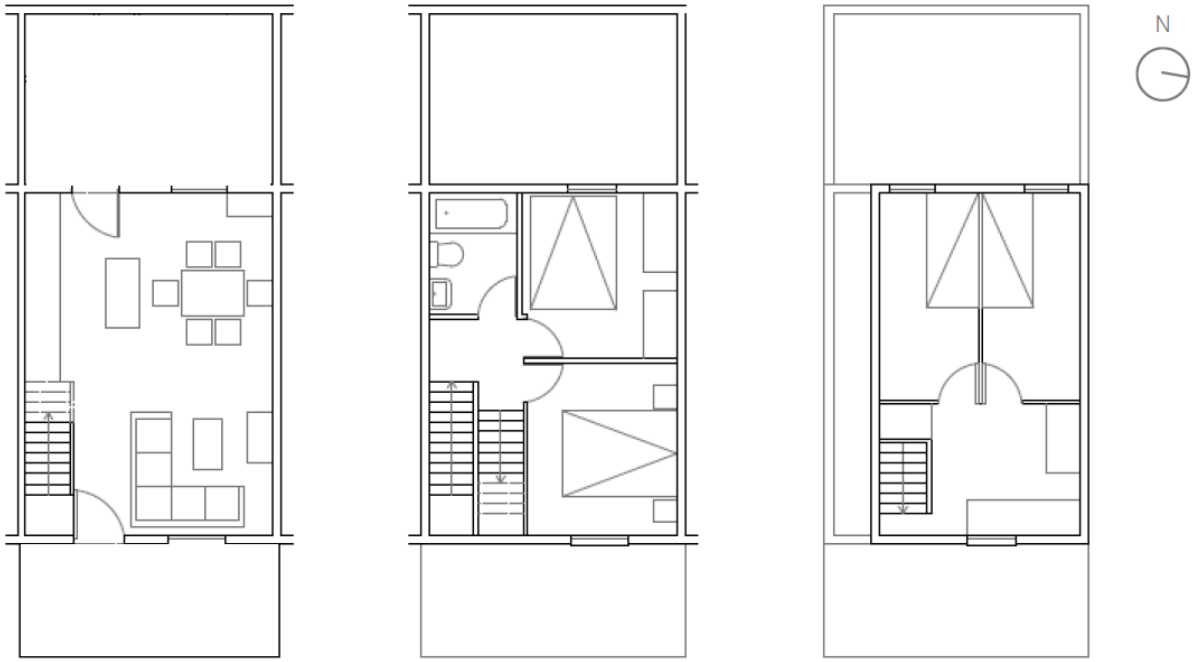
La vivienda 8 de la villa Altué Sur obtuvo 54.3% (tabla 4.7), porcentaje mayor que 34.0%, que corresponde a la dimensión con mayor peso, que es la constructiva. El indicador multidimensional indica que la vivienda se encuentra en situación de pobreza energética con mayores carencias en la dimensión territorial al obtener 12.8% del 20.5% total.

Tabla 4.7. Puntuación final del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano de la vivienda #8.

	Peso por dimensión %	Puntaje máximo	Puntaje obtenido de la vivienda	Total % obtenido de la vivienda
Sociodemográfica	31.5	8	4	15.8
Constructiva	34	8	4	17.0
Territorial	20.5	8	5	12.8
Climática	14	8	5	8.8
			Totales	54.3

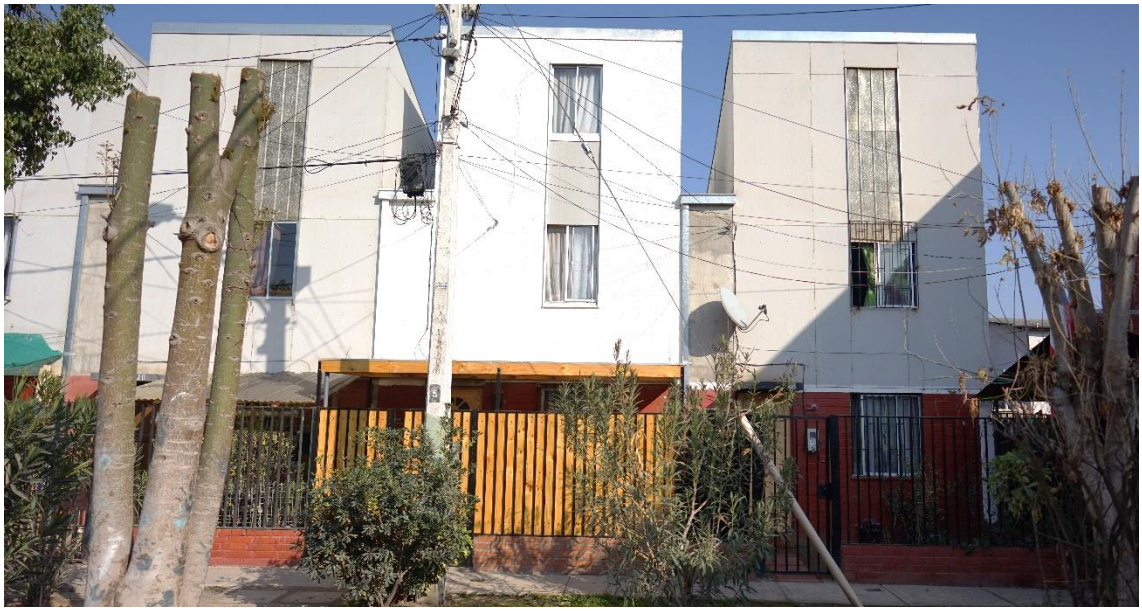
Fuente: Elaboración propia.

Vivienda #9. Orientación oriente.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.17. Plantas arquitectónicas de la vivienda 9 ubicada en la villa Altué Sur.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.18. Viviendas orientadas al oriente de la villa Altué Sur.

Dimensión sociodemográfica vivienda 9.

El hogar de la vivienda 9 está conformado por 4 integrantes, los menores tienen 9 y 12 años, según el ítem sociodemográfico de "población vulnerable" le corresponde 2 puntos. El encuestado declaro que no tener problemas para pagar los servicios del hogar con sus ingresos económicos durante el verano, por lo cual el ítem de "ingresos económicos" tiene un puntaje de 0 puntos. En la misma vivienda los integrantes comparten un presupuesto de alimentación, por lo tanto, se consideran un hogar, lo que el ítem de "allegamiento de la vivienda" tiene un puntaje de 0 puntos. El encuestado respondió realizar acciones para ahorrar energía en su vivienda como lo es enchufar solo los aparatos electrodomésticos al momento de usar y usar bombillas ahorradoras, por lo tanto, el ítem "nivel educativo" tiene un puntaje de 0 puntos. Mientras el ítem de "género del hogar" tiene un puntaje de 0 puntos al ser el jefe del hogar masculino.

Tabla 4.8. Dimensión sociodemográfica del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #9.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Sociodemográfica	Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.	Ingreso suficiente del hogar = 0 puntos Ingreso insuficiente del hogar = 3 puntos	0
	Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.	1 integrante = 1 punto 2 integrantes o más= 2 puntos	2
	Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.	1 hogar= 0 puntos 2 hogares o más = 1 punto	0
	Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.	Integrantes realizan acciones para ahorrar energía: Si realiza = 0 puntos No realiza = 1 punto	0
	Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.	Masculino= 0 puntos Femenino= 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**2**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión constructiva vivienda 9.

En términos de sensación térmica durante el verano, el encuestado declaro que su vivienda no es ni calurosa ni fría, por lo cual el ítem de "características de la vivienda" tiene un puntaje de 0 puntos. La vivienda posee los metros cuadrados del proyecto original (figura 4.17), el arrendatario añadió que los espacios más calurosos de la vivienda son el patio, el cual protegen con un toldo. La mayoría de los espacios tienen una ventana para ventilar naturalmente, pero la distancia del interior no es 2 veces la altura de piso a techo, razón por la cual obtiene 1 punto en el ítem "ventilación natural de la vivienda". También declaro que utilizan persianas en los dormitorios para mitigar el calor del verano, por lo cual el ítem "elementos para mitigar la exposición al sol" tiene 0 puntos. En cuanto al ítem de "equipos de ventilación o refrigeración", el encuestado declaro utilizar ventilador durante la temporada de verano, ubicado en el living- comedor y en el dormitorio principal, durante todo el día, incluso al dormir.

Tabla 4.9. Dimensión constructiva del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #9.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Constructiva	Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Muy calurosa = 3 puntos Calurosa = 3 puntos Ligeramente calurosa = 2 puntos Ni calurosa ni fría = 0 puntos	0
	Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda no cumple con la masa térmica mínima requerida según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Sí cumple = 0 puntos No cumple = 2 puntos	0
	Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda no asegura el confort térmico durante el calor del verano.	Espacios con una sola ventana: Distanciamiento interior > 2 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 2 H= 1 punto Espacios con dos ventanas: Distanciamiento interior > 3 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 3 H= 1 punto	1
	Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.	Uso de persianas = 0 puntos Uso de toldos = 0 puntos Uso de vegetación= 0 puntos Uso de celosías = 0 puntos Aislación en muros y techos = 0 puntos Ningún elemento = 1 punto	0
	Equipos de ventilación o refrigeración	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Uso de ventilador = 0 puntos Uso de aire acondicionado = 0 puntos Ningún equipo =1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**1**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión territorial vivienda 9.

La comuna de Renca tiene 4.58m2 de superficie de área verde según datos del Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano del año 2018 (anexo 03) por lo tanto no cumple con los 10m2 exigidos y le corresponde un puntaje de 4 puntos en el ítem "isla de calor". La vivienda 9 esta pareada en una de sus 4 fachadas, donde la fachada norte no tiene aberturas, la mayor área de m2 de ventanas se encuentra al oriente, por lo que le corresponde un puntaje de 1 punto.

Tabla 4.10. Dimensión territorial del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #9.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Territorial	Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.	La ubicación de la vivienda cumple con 10 m2 de área verde por habitante: Si cumple = 0 puntos No cumple = 4 puntos	4
	Orientación de la vivienda	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.	Orientación Norte = 0 puntos Orientación Sur = 1 punto Orientación Poniente = 3 puntos Orientación Oriente = 1 punto	1
	Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye al sobrecalentamiento durante el verano.	Exceso de edificaciones = 1 punto Exceso asfaltos y concretos = 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión climática vivienda 9.

De acuerdo con los registros del trabajo de Piticar (2018) Santiago experimenta alrededor de 2 olas de calor por verano extendido, por 2 años resulta en 4 olas de calor, por lo que al ítem "olas de calor" le corresponde una ponderación de 4 puntos.

Analizando los registros de temperatura de Santiago se registró un aumento de temperatura promedio de 0.9° C por lo que le corresponde un puntaje de 2 puntos. Por último, la humedad relativa entra en el rango de confort lo que le da una ponderación de 0 puntos.

Tabla 4.11. Dimensión climática del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #9.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Climática	Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.	Cantidad de olas de calor presentes en los últimos 2 años: 1 ola de calor = 0 puntos 2 olas de calor = 1 punto 3 olas de calor = 2 puntos 4 olas de calor = 3 puntos 5 o más olas de calor = 4 puntos	3
	Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.	Incremento de temperatura media durante los últimos 30 años: 0° C = 0 puntos 0.5° C = 2 puntos 1° C = 3 puntos	2
	Crisis hídrica	La vivienda es afectada por la escasez de humedad en el aire influyendo en el confort higrotérmico durante el verano.	Humedad relativa al interior de la vivienda: 30- 60 % = 0 puntos Menor 30 % = 1 punto Mayor a 60% = 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje final de la vivienda 9.

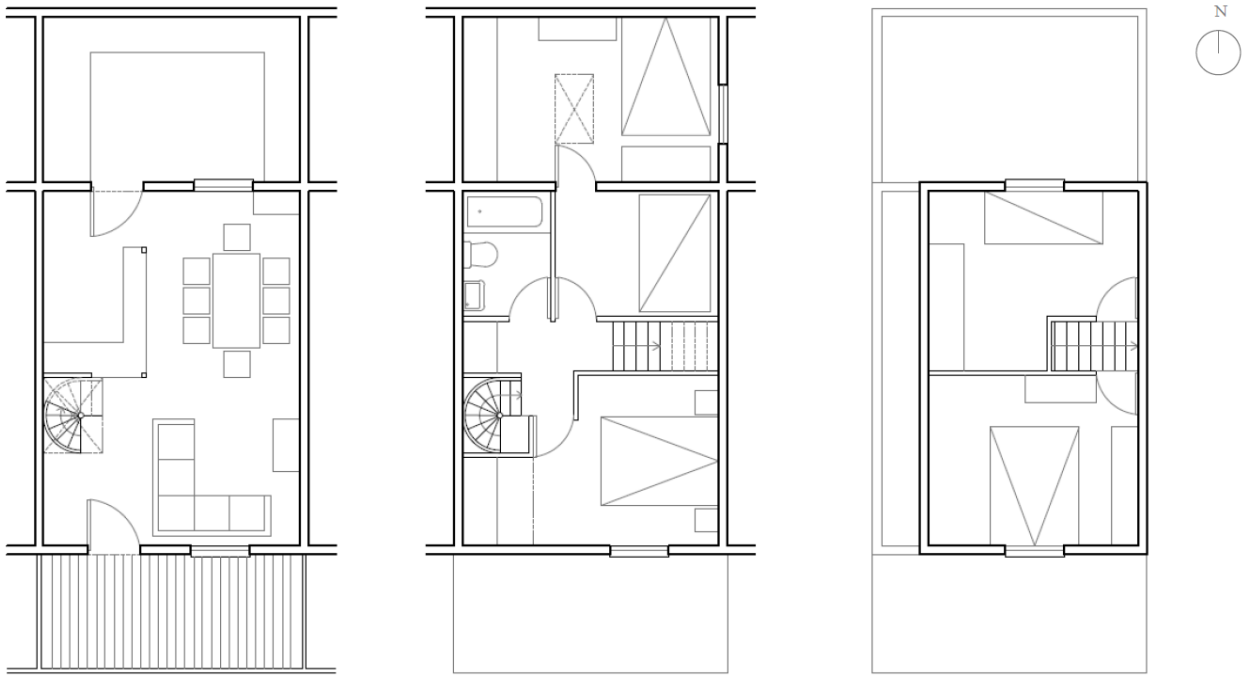
La vivienda 9 de la villa Altué Sur obtuvo 33.7% (tabla 4.12), porcentaje menor que 34.0%, que corresponde a la dimensión con mayor peso, que es la constructiva. El indicador multidimensional indica que la vivienda no se encuentra en situación de pobreza energética, pero al mismo tiempo presenta mayores carencias en la dimensión territorial al obtener 12.8% del 20.5% total.

Tabla 4.12. Puntuación final del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano de la vivienda #9.

	Peso por dimensión %	Puntaje máximo	Puntaje obtenido de la vivienda	Total % obtenido de la vivienda
Sociodemográfica	31.5	8	2	7.9
Constructiva	34	8	1	4.3
Territorial	20.5	8	5	12.8
Climática	14	8	5	8.8
Totales				33.7

Fuente: Elaboración propia.

Vivienda #6. Orientación sur.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.19. Plantas arquitectónicas de la vivienda 6 ubicada en la villa Altué Sur.

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.20. Viviendas orientadas al sur de la villa Altué Sur.

Dimensión sociodemográfica vivienda 6.

El hogar de la vivienda 6 está conformado por 7 integrantes, los menores tienen 2 y 7 años, según el ítem sociodemográfico de "población vulnerable" le corresponde 2 puntos. La encuestada declaro que no tener problemas para pagar los servicios del hogar con sus ingresos económicos durante el verano, por lo cual el ítem de "ingresos económicos" tiene un puntaje de 0 puntos. En la misma vivienda los integrantes comparten un presupuesto de alimentación, por lo tanto, se consideran un hogar, lo que el ítem de "allegamiento de la vivienda" tiene un puntaje de 0 puntos. La encuestada respondió realizar acciones para ahorrar energía en su vivienda como usar bombillas ahorradoras o apagar las luminarias cuando no se utilizan, por lo tanto, el ítem "nivel educativo" tiene un puntaje de 0 puntos. Mientras el ítem de "género del hogar" tiene un puntaje de 1 punto al ser la jefa del hogar del género femenino. Esta dimensión tiene un total de 3 puntos.

Tabla 4.13. Dimensión sociodemográfica del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #6.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Sociodemográfica	Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.	Ingreso suficiente del hogar = 0 puntos Ingreso insuficiente del hogar = 3 puntos	0
	Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.	1 integrante = 1 punto 2 integrantes o más= 2 puntos	2
	Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.	1 hogar= 0 puntos 2 hogares o más = 1 punto	0
	Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.	Integrantes realizan acciones para ahorrar energía: Si realiza = 0 puntos No realiza = 1 punto	0
	Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.	Masculino= 0 puntos Femenino= 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**3**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión constructiva vivienda 6.

En términos de sensación térmica durante el verano, la encuestada declaro que su vivienda es muy calurosa, específicamente en el segundo y tercer piso (figura 4.19), por lo cual el ítem de "características de la vivienda" tiene un puntaje de 3 puntos. La mayoría de los espacios tienen una ventana para ventilar naturalmente, pero la distancia del interior no es 2 veces la altura de piso a techo, razón por la cual obtiene 1 punto en el ítem "ventilación natural de la vivienda". También declaro que utilizan cortinas para mitigar el calor del verano, además del pórtico de madera del acceso, por lo cual el ítem "elementos para mitigar la exposición al sol" tiene 0 puntos. En cuanto al ítem de "equipos de ventilación o refrigeración", el encuestado declaro utilizar ventilador durante la temporada de verano, ubicado en el living- comedor y en el dormitorio secundario, durante todo el día.

Tabla 4.14. Dimensión constructiva del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #6.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Constructiva	Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Muy calurosa = 3 puntos Calurosa = 3 puntos Ligeramente calurosa = 2 puntos Ni calurosa ni fría = 0 puntos	3
	Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda no cumple con la masa térmica mínima requerida según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Si cumple = 0 puntos No cumple = 2 puntos	0
	Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda no asegura el confort térmico durante el calor del verano.	Espacios con una sola ventana: Distanciamiento interior > 2 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 2 H= 1 punto Espacios con dos ventanas: Distanciamiento interior > 3 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 3 H= 1 punto	0
	Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.	Uso de persianas = 0 puntos Uso de toldos = 0 puntos Uso de vegetación= 0 puntos Uso de celosías = 0 puntos Aislación en muros y techos = 0 puntos Ningún elemento = 1 punto	0
	Equipos de ventilación o refrigeración	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Uso de ventilador = 0 puntos Uso de aire acondicionado = 0 puntos Ningún equipo =1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**3**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión territorial vivienda 6.

La comuna de Renca tiene 4.58m2 de superficie de área verde según datos del Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano del año 2018 (anexo 03) por lo tanto no cumple con los 10m2 exigidos y le corresponde un puntaje de 4 puntos en el ítem "isla de calor". La mayor área de m2 de ventanas se encuentra en la fachada sur, por lo cual le corresponde un puntaje de 1 punto. Por último, la encuestada considera que el exceso de asfalto y concreto incrementa el sobrecalentamiento de su vivienda durante el verano, por lo que le corresponde 1 punto.

Tabla 4.15. Dimensión territorial del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #6.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Territorial	Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.	La ubicación de la vivienda cumple con 10 m2 de área verde por habitante: Si cumple = 0 puntos No cumple = 4 puntos	4
	Orientación de la vivienda	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.	Orientación Norte = 0 puntos Orientación Sur = 1 punto Orientación Poniente = 3 puntos Orientación Oriente = 1 punto	1
	Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye al sobrecalentamiento durante el verano.	Exceso de edificaciones = 1 punto Exceso asfaltos y concretos = 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**6**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión climática vivienda 6.

De acuerdo con los registros del trabajo de Piticar (2018) Santiago experimenta alrededor de 2 olas de calor por verano extendido, por 2 años resulta en 4 olas de calor, por lo que al ítem "olas de calor" le corresponde una ponderación de 4 puntos.

Analizando los registros de temperatura de Santiago se registró un aumento de temperatura promedio de 0.9° C por lo que le corresponde un puntaje de 2 puntos. Por último, la humedad relativa entra en el rango de confort lo que le da una ponderación de 0 puntos.

Tabla 4.16. Dimensión climática del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #6.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Climática	Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.	Cantidad de olas de calor presentes en los últimos 2 años: 1 ola de calor = 0 puntos 2 olas de calor = 1 punto 3 olas de calor = 2 puntos 4 olas de calor = 3 puntos 5 o más olas de calor = 4 puntos	3
	Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.	Incremento de temperatura media durante los últimos 30 años: 0° C = 0 puntos 0.5° C = 2 puntos 1° C = 3 puntos	2
	Crisis hídrica	La vivienda es afectada por la escasez de humedad en el aire influyendo en el confort higrotérmico durante el verano.	Humedad relativa al interior de la vivienda: 30- 60 % = 0 puntos Menor 30 % = 1 punto Mayor a 60% = 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje final de la vivienda 6.

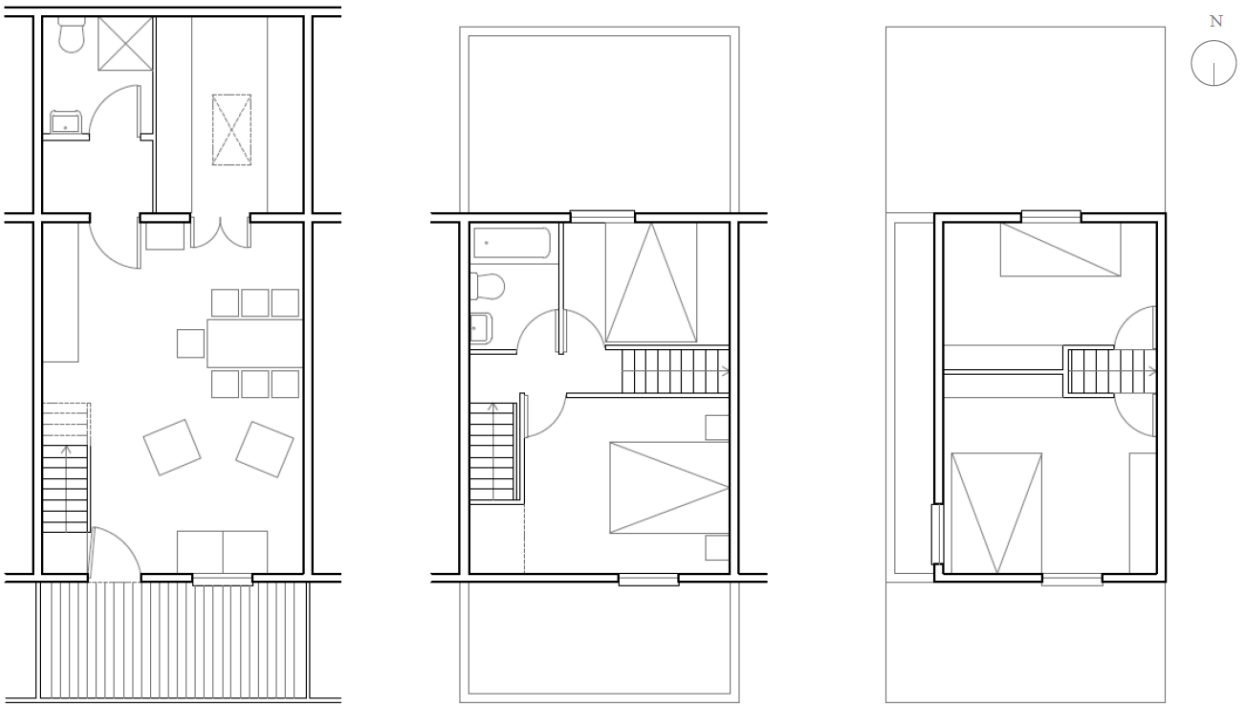
La vivienda 6 de la villa Altué Sur obtuvo 48.7% (tabla 4.17), porcentaje mayor que 34.0%, que corresponde a la dimensión con mayor peso, que es la constructiva. El indicador multidimensional indica que la vivienda se encuentra en situación de pobreza energética con mayores carencias en la dimensión climática al obtener 8.8% del 14.0% total y en la territorial con 15.4 % del 20.5% total.

Tabla 4.17. Puntuación final del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano de la vivienda #6.

	Peso por dimensión %	Puntaje máximo	Puntaje obtenido de la vivienda	Total % obtenido de la vivienda
Sociodemográfica	31.5	8	3	11.8
Constructiva	34	8	3	12.8
Territorial	20.5	8	6	15.4
Climática	14	8	5	8.8
			Totales	48.7

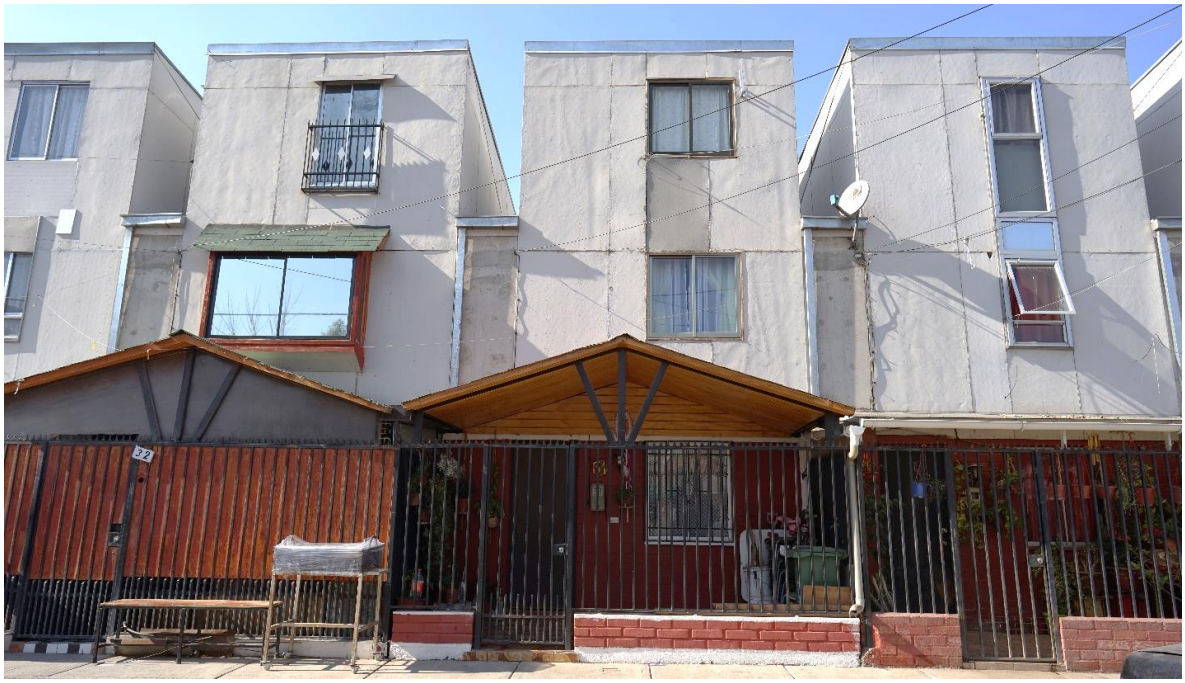
Fuente: Elaboración propia.

Vivienda #3. Orientación poniente.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.21. Plantas arquitectónicas de la vivienda 3 ubicada en la villa Altué Sur.



Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Figura 4.22. Viviendas orientadas al poniente de la villa Altué Sur.

Dimensión sociodemográfica vivienda 3.

El hogar de la vivienda 3 está conformado por 7 integrantes, los menores tienen 1 y 13 años, según el ítem sociodemográfico de "población vulnerable" le corresponde 2 puntos. La encuestada declaro que no tener problemas para pagar los servicios del hogar con sus ingresos económicos durante el verano, por lo cual el ítem de "ingresos económicos" tiene un puntaje de 0 puntos. En la misma vivienda los integrantes comparten un presupuesto de alimentación, por lo tanto, se consideran un hogar, lo que el ítem de "allegamiento de la vivienda" tiene un puntaje de 0 puntos. La encuestada respondió realizar acciones para ahorrar energía en su vivienda como encender las luminarias a las 19:00 hrs. y apagar aparatos sin usarse, por lo tanto, el ítem "nivel educativo" tiene un puntaje de 0 puntos. Mientras el ítem de "género del hogar" tiene un puntaje de 1 punto al ser la jefa del hogar del género femenino. Esta dimensión tiene un total de 3 puntos.

Tabla 4.18. Dimensión sociodemográfica del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #3.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Sociodemográfica	Ingresos económicos	El hogar no cuenta con los recursos para satisfacer sus necesidades de confort térmico durante el verano.	Ingreso suficiente del hogar = 0 puntos Ingreso insuficiente del hogar = 3 puntos	0
	Población vulnerable	Alguna persona del hogar pertenece a la población infantil, adultos mayores o electrodependientes.	1 integrante = 1 punto 2 integrantes o más= 2 puntos	2
	Allegamiento de la vivienda	En una sola vivienda cohabitan más de un hogar.	1 hogar= 0 puntos 2 hogares o más = 1 punto	0
	Nivel educativo	El hogar carece de educación cultural en el uso eficiente de la energía.	Integrantes realizan acciones para ahorrar energía: Si realiza = 0 puntos No realiza = 1 punto	0
	Género jefe de hogar	La persona del género femenino sustenta los ingresos económicos del hogar.	Masculino= 0 puntos Femenino= 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**3**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión constructiva vivienda 3.

En términos de sensación térmica durante el verano, la encuestada declaro que su vivienda es muy calurosa, específicamente el segundo y tercer piso (figura 4.21), por lo cual el ítem de "características de la vivienda" tiene un puntaje de 3 puntos. La mayoría de los espacios tienen una ventana para ventilar naturalmente, pero la distancia del interior no es 2 veces la altura de piso a techo, razón por la cual obtiene 1 punto en el ítem "ventilación natural de la vivienda". También declaro que utilizan cortinas en los dormitorios para mitigar el calor del verano, por lo cual el ítem "elementos para mitigar la exposición al sol" tiene 0 puntos. En cuanto al ítem de "equipos de ventilación o refrigeración", el encuestado declaro utilizar ventilador durante la temporada de verano, ubicado en el living- comedor durante las tardes.

Tabla 4.19. Dimensión constructiva del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #3.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Constructiva	Características de la vivienda	La vivienda carece de calidad térmica para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Muy calurosa = 3 puntos Calurosa = 3 puntos Ligeramente calurosa = 2 puntos Ni calurosa ni fría = 0 puntos	3
	Riesgo de sobrecalentamiento de la vivienda	La vivienda no cumple con la masa térmica mínima requerida según su ubicación para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Si cumple = 0 puntos No cumple = 2 puntos	0
	Ventilación natural de la vivienda	La ventilación natural de la vivienda no asegura el confort térmico durante el calor del verano.	Espacios con una sola ventana: Distanciamiento interior > 2 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 2 H= 1 punto Espacios con dos ventanas: Distanciamiento interior > 3 H= 0 puntos Distanciamiento interior < 3 H= 1 punto	1
	Elementos para mitigar exposición al calor	La vivienda carece de elementos para mitigar el sobrecalentamiento durante el verano.	Uso de persianas = 0 puntos Uso de toldos = 0 puntos Uso de vegetación= 0 puntos Uso de celosías = 0 puntos Aislación en muros y techos = 0 puntos Ningún elemento = 1 punto	0
	Equipos de ventilación o refrigeración	La vivienda carece de equipos de ventilación o refrigeración para asegurar el confort térmico durante el calor del verano.	Uso de ventilador = 0 puntos Uso de aire acondicionado = 0 puntos Ningún equipo =1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**4**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión territorial vivienda 3.

La comuna de Renca tiene 4.58m2 de superficie de área verde según datos del Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano del año 2018 (anexo 03) por lo tanto no cumple con los 10m2 exigidos y le corresponde un puntaje de 4 puntos en el ítem "isla de calor". La fachada con mayor área de ventanas se encuentra orientada al poniente, lo que le corresponde un puntaje de 3 puntos. Por último, la encuestada considera que la escasez de árboles en el parque del condominio influye en el sobrecalentamiento de su vivienda durante el verano, por lo que le corresponde 1 punto. Añadió que los árboles si ayudaban a reducir el sobrecalentamiento de su vivienda durante el verano, pero se tuvieron que talar ya que su altura rozaba con los cables eléctricos del condominio.

Tabla 4.20. Dimensión territorial del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #3.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Territorial	Isla de calor	La vivienda es afectada por una isla de calor correspondiente al lugar del emplazamiento.	La ubicación de la vivienda cumple con 10 m2 de área verde por habitante: Si cumple = 0 puntos No cumple = 4 puntos	4
	Orientación de la vivienda	La vivienda es afectada por las orientaciones desfavorables que influyen en el sobrecalentamiento durante el verano.	Orientación Norte = 0 puntos Orientación Sur = 1 punto Orientación Poniente = 3 puntos Orientación Oriente = 1 punto	3
	Ubicación de la vivienda	La vivienda es afectada por el contexto que influye al sobrecalentamiento durante el verano.	Exceso de edificaciones = 1 punto Exceso asfaltos y concretos = 1 punto	1
			Subtotal de puntaje	**8**

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión climática vivienda 3.

De acuerdo con los registros del trabajo de Piticar (2018) Santiago experimenta alrededor de 2 olas de calor por verano extendido, por 2 años resulta en 4 olas de calor, por lo que al ítem "olas de calor" le corresponde una ponderación de 4 puntos.

Analizando los registros de temperatura de Santiago se registró un aumento de temperatura promedio de 0.9° C por lo que le corresponde un puntaje de 2 puntos. Por último, la humedad relativa entra en el rango de confort lo que le da una ponderación de 0 puntos.

Tabla 4.21. Dimensión climática del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a la vivienda #3.

Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano.				
Dimensión	Ítem	Variable	Ponderación	Calificación
Climática	Olas de calor	La vivienda es afectada por las olas de calor presentes en el lugar del emplazamiento.	Cantidad de olas de calor presentes en los últimos 2 años: 1 ola de calor = 0 puntos 2 olas de calor = 1 punto 3 olas de calor = 2 puntos 4 olas de calor = 3 puntos 5 o más olas de calor = 4 puntos	3
	Cambio climático	La vivienda es afectada por los aumentos de temperatura producto del cambio climático.	Incremento de temperatura media durante los últimos 30 años: 0° C = 0 puntos 0.5° C = 2 puntos 1° C = 3 puntos	2
	Crisis hídrica	La vivienda es afectada por la escasez de humedad en el aire influyendo en el confort higrotérmico durante el verano.	Humedad relativa al interior de la vivienda: 30- 60 % = 0 puntos Menor 30 % = 1 punto Mayor a 60% = 1 punto	0
			Subtotal de puntaje	**5**

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje final de la vivienda 3.

La vivienda 3 de la villa Altué Sur obtuvo 58.1% (tabla 4.22), porcentaje mayor que 34.0%, que corresponde a la dimensión con mayor peso, que es la constructiva. El indicador multidimensional indica que la vivienda se encuentra en situación de pobreza energética con mayores carencias en la dimensión territorial con 20.5 % del 20.5% total.

Tabla 4.22. Puntuación final del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano de la vivienda #3.

	Peso por dimensión %	Puntaje máximo	Puntaje obtenido de la vivienda	Total % obtenido de la vivienda
Sociodemográfica	31.5	8	3	11.8
Constructiva	34	8	4	17.0
Territorial	20.5	8	8	20.5
Climática	14	8	5	8.8
			Totales	58.1

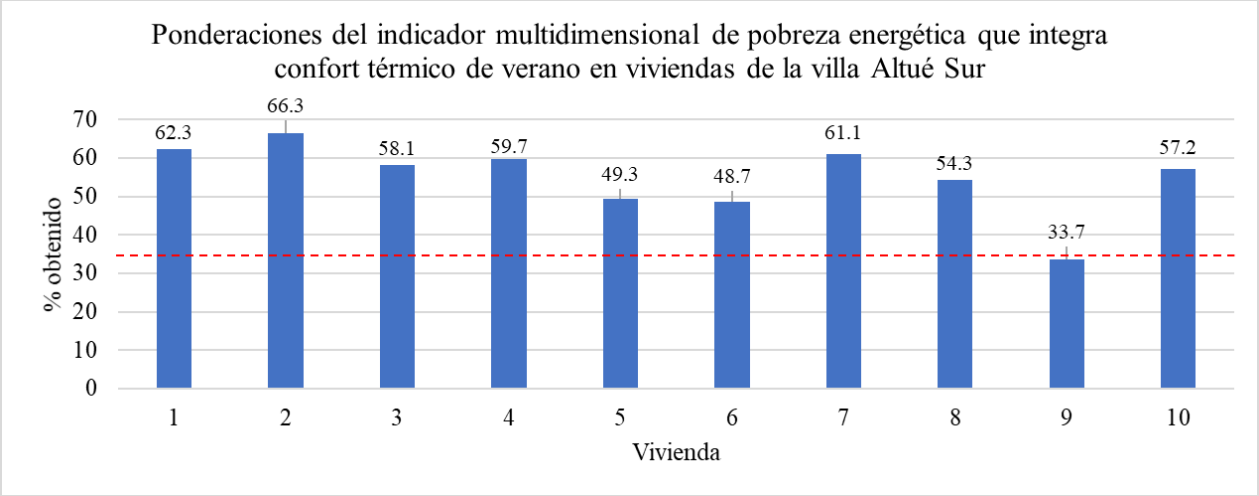
Fuente: Elaboración propia.

Viviendas villa Altué Sur.

La vivienda 9 fue la única con un porcentaje menor al 34%, que es el peso de la dimensión constructiva (figura 4.23), esta vivienda no se ha modificado del diseño original, lo cual nos habla de las modificaciones que las familias realizan, si bien aumentan los m2 de la vivienda no siempre mejoran la calidad térmica de la misma. Esto debido a diversos factores, la calidad de los materiales, los escasos recursos económicos para contratar a un profesional, el conocimiento de autoconstrucción que tienen las personas, etc. Una oportunidad donde la política pública podría interactuar con las familias a través de un programa de seguimiento en tales ampliaciones, cumpliendo con la normativa térmica y procesos de construcción correctos.

Las viviendas con mayor ponderación son las 2, 1, 3 y 4 cuya fachada con mayor área de ventanas se encuentra al poniente, la orientación más afectada por la exposición al sol del verano en Santiago de Chile. Sumado a la nula protección de vegetación cercana y encontrarse aledañas a la calle vehicular interior de asfalto, lo que eleva el sobrecalentamiento de las viviendas y afecta el confort térmico de los hogares. Cabe mencionar que, de los 10 hogares encuestados, 8 declararon sufrir dolor de cabeza al interior de su vivienda durante la temporada de verano, sin importar orientación o cantidad de integrantes habitando la misma.

Lo anterior se confirma con la percepción de los habitantes, la encuestada de la vivienda 3 menciono que los árboles si ayudaban a disminuir el sobrecalentamiento, pero se tuvieron que talar porque su crecimiento rozaba con los cables eléctricos del parque, poniendo en riesgo la seguridad de la villa. Vemos la importancia del diseño urbano en la interacción con el conjunto de las viviendas, además de las modificaciones que el condominio requiere con el paso del tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.23. Comparativa de los resultados del indicador multidimensional de pobreza energética que integra confort térmico de verano aplicado a 10 viviendas ubicadas en la villa Altué Sur.

De las 10 viviendas donde se aplicó el indicador multidimensional la dimensión con mayor carencia fue la territorial, donde las variables no dependen de las familias y es muy difícil de modificar cuando ya se habita la vivienda; la isla de calor, la orientación de la vivienda, y el contexto que la rodea debido a su ubicación. Sin mencionar que en muchas ocasiones cuando se adquiere una vivienda, el factor económico supera las preferencias de las familias sobre la orientación y la ubicación de la vivienda. Seguida de la dimensión climática donde las variables olas de calor, cambio climático y humedad relativa no se pueden intervenir por las familias ya que depende del comportamiento global y los efectos negativos que continuemos haciendo al planeta.

Lo que deja a las familias la dimensión constructiva para intervenir y salir de la situación de pobreza energética; mejorando la calidad constructiva de la vivienda, colocando elementos para mitigar la exposición al sol, ampliando los espacios o agregando ventanas para tener una ventilación correcta. También se puede intervenir la dimensión sociodemográfica, aunque es más complicado separar dos o más hogares cuando por diferentes situaciones no pueden contar con vivienda propia y comparten la misma, o modificar la edad de las personas pertenecientes a la población vulnerable o cambiar de individuo la responsabilidad del jefe del hogar. Una propuesta viable es proporcionar a los hogares conocimientos para la eficiencia y el ahorro energético en la vivienda, lo que no solo supone un ahorro económico si no un beneficio para el medio ambiente.

V

Conclusiones

Los efectos del cambio climático en el planeta son más frecuentes en las últimas décadas, consigo el riesgo para la salud de la población que provocan el aumento de temperaturas. Fenómenos como las olas de calor, islas de calor, incendios forestales y sequías evidencian que el calor es un determinante para considerar no solo en regiones con clima cálido, sino también en regiones con clima frío que comienzan a registrar un aumento de temperaturas. Por lo anterior es preciso incluir el confort térmico durante el verano en los estudios de pobreza energética, así como también en los efectos de la salud pública.

El método Delphi resulto ser una metodología eficaz y viable para obtener y aplicar conocimiento en el área de la pobreza energética, además de tener potencial para aplicarse en el campo de la arquitectura y sus diferentes ramas, al ser un medio en el cual diferentes disciplinas pueden asociarse se crean posibilidades para obtener nuevo conocimiento.

La validación del indicador multidimensional en terreno sirve para investigar de primera mano la situación que viven los hogares al interior de su vivienda y conocer que los hogares viven en incomodidad térmica durante la temporada de verano, donde aun ventilando durante la mayor parte del día abriendo puertas y ventanas no es suficiente para refrescar la vivienda y que el calor es causante de problemas de salud como dolor de cabeza. Las personas se enferman al interior de su vivienda no solo en temporada de invierno, sino también en verano, y es urgente que la temática este incluida en los estudios de pobreza energética y salud pública.

Una de las dificultades de probar el indicador multidimensional fue comprobarlo en viviendas con distinta ubicación, esto debido a las condiciones producto de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, el tener viviendas en diferentes ubicaciones será una muestra más heterogénea donde la dimensión territorial, que resultó ser la dimensión en la que las viviendas presentaron mayores deficiencias, presentaran diferentes ponderaciones a compararse. Los tiempos de restricción y confinamiento decretados por la autoridad sanitaria determino cuando se pudo visitar la comuna de Renca ubicada en Santiago de Chile, con sus debidos permisos de comisaria y la aprobación de las familias a encuestar. El indicador aplicado en esa villa evidencio que 9 de las 10 viviendas encuestadas se encuentran en situación de pobreza energética; lo cual demuestra la problemática existente en la vivienda social y el riesgo a la salud de los hogares que habitan en ellas.

Entender y abordar la pobreza energética desde distintos ámbitos es fundamental para minimizar los hogares vulnerables en situación de esta, interactuando las dimensiones que conforman el indicador presentado; sociodemográfica, constructiva, territorial y ambiental, es posible proponer lineamientos y soluciones de política pública para mejorar la calidad de vida de las personas. Donde las dimensiones territorial y climática dependen mucho de las acciones de la sociedad en las ciudades que involucran el cambio climático, mientras que las dimensiones sociodemográfica y constructiva están relacionadas con el comportamiento y el conocimiento cultural de los hogares en su vivienda.

El indicador multidimensional es un instrumento viable por la facilidad de su aplicación en países en vías de desarrollo, ya que mide la pobreza energética mediante información de fácil acceso como la encuesta o el registro meteorológico de un lugar.

La investigación desarrollada se validó en Santiago de Chile, pero el indicador multidimensional tiene el potencial de aplicarse a futuro en otros lugares con clima cálido seco o en otras investigaciones donde se esté integrando el confort térmico del verano a los estudios de pobreza energética.

VI

Referencias bibliográficas

Agency, F. P. (2021). *Another one: "'Dangerous'" heat wave hits Greece's Athens.* https://www.dailysabah.com/life/environment/another-one-dangerous-heat-wave-hits-greeces-athens

Anderson, W., White, V., & Finney, A. (2012). Coping with low incomes and cold homes. *Energy Policy*, *49*, 40–52. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.002

Baker, N., & Steemers, K. (2016). *Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide - Nick Baker, Koen Steemers - Google Books*. https://books.google.ru/books?hl=en&lr=&id=FJp5AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Energy+and+Environment+in+Architecture&ots=6jwErDsU6Q&sig=9Tu1QFVKfOPLYtp3VTjbfCoDK0E&redir_esc=y#v=onepage&q=Energy and Environment in Architecture&f=false

Bhatia, M., & Angelou, N. (2014). Capturing the Multi-Dimensionality of Energy Access. *Livewire Knowledge Note Series*, 1–8. http://documents.worldbank.org/curated/en/937711468320944879/pdf/88699-REVISED-LW16-Fin-Logo-OKR.pdf

Boardman, B. (1993). Opportunities and constraints posed by fuel poverty on policies to reduce the greenhouse effect in britain. *Applied Energy*, *44*(2), 185–195. https://doi.org/10.1016/0306-2619(93)90061-S

Bouzarovski, S. (2014). Energy poverty in the European Union: Landscapes of vulnerability. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, *3*(3), 276–289. https://doi.org/10.1002/wene.89

Bouzarovski, S., & Simcock, N. (2017). Spatializing energy justice. *Energy Policy*, *107*(October 2016), 640–648. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.064

Bradshaw, J., & Hutton, S. (1983). Social policy options and fuel poverty. *Journal of Economic Psychology*, *3*(3–4), 249–266. https://doi.org/10.1016/0167-4870(83)90005-3

Bustamante, W., Rozas, Y., Cepeda, R., Felipe, E., & Martínez, P. (2009). Guía de diseño en la eficiencia energética en la vivienda social en Chile. In *Pontificia Universidad Católica de Chile* (Vol. 333). http://old.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf

Calvo, R. et al. (2019). *Acceso equitativo a energía de calidad en Chile. Hacia un indicador territorializado y tridimensional de Pobreza Energética*. http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2019/05/DT.-ACCESO-EQUITATIVO-A-ENERGIA-DE-CALIDAD-EN-CHILE.-PROPUESTA-INDICADOR-1-1.pdf

CASEN. (2015). *Metodología de medición de pobreza multidimensional con entorno y redes.* 67.

Cerè, G., Rezgui, Y., & Zhao, W. (2019). Urban-scale framework for assessing the resilience of buildings informed by a delphi expert consultation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *36*(February), 101079. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101079

Croitoru, A. E., Piticar, A., Ciupertea, A. F., & Roşca, C. F. (2016). Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961–2015. *Global and Planetary Change*, *146*, 109–121. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.08.016

Encinas, F., Aguirre Núñez, C. A., Truffello, R., Puig, I., & Hidalgo, R. (2019). Pobreza energética y segregación espacial: nuevas dimensiones urbanas para la desigualdad. *International Conference Virtual City and Territory*, *0*(13). https://doi.org/10.5821/ctv.8703

EPA. (2021). *Phasedown of Hydrofluorocarbons: establishing the allowance allocation and trading program under the american innovation and manufacturing act.* (Vol. 86, Issue 95). https://www.federalregister.gov/documents/2021/05/19/2021-09545/phasedown-of-hydrofluorocarbons-establishing-the-allowance-allocation-and-trading-program-under-the

García-Ochoa, R., & Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía Sociedad y Territorio*, 289. https://doi.org/10.22136/est002016465

Geirinhas, J. L., Trigo, R. M., Libonati, R., Coelho, C. A. S., & Palmeira, A. C. (2018). Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil. *International Journal of Climatology*, *38*(4), 1760–1776. https://doi.org/10.1002/joc.5294

Gillespie, T. (2021). *Europe heatwave_ Spain swelters in what might be its hottest day ever _ World News _ Sky News*. News.Sky.Com. https://news.sky.com/story/europe-heatwave-spain-swelters-in-what-might-be-its-hottest-day-ever-12382006

Grey, C., Jiang, S., & Poortinga, W. (2015). *Fuel Poverty , Thermal Comfort , and Health in Low-Income Areas in Wales : Results from the First Wave of Data Collection for the Arbed Health Impact Study* .

Herring, S. C., Christidis, N., Hoell, A., Kossin, J. P., Schreck, C. J., & Stott, P. A. (2018). Explaining Extreme Events of 2016 Explaining Extreme Events of 2016 From a. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *99*(1), S1–S157. https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/99/1/bams-explainingextremeevents2016.1.xml

Howell, R., Coad, W., & Sauer, H. (2013). Principles of heating, ventilating and air conditioning. In *Journal of the Franklin Institute* (Vol. 222, Issue 5). https://doi.org/10.1016/s0016-0032(36)91011-6

IEA. (2010). IEA World Energy Outlook Report. *IEA Annual Report*, *51*(6), 4847–4862. www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp

INE, & CNDU. (2020). *Manual de procedimientos Línea de base 2018*.

Internacional. (2021). *Desarrollan aire acondicionado sin unidad exterior y que funciona con R-290*. ACR Latinoamérica. https://www.acrlatinoamerica.com/202108249979/noticias/empresas/desarrollan-aire-acondicionado-sin-unidad-exterior-y-que-funciona-con-r-290.html

International Energy Agency (IEA). (2018). *"The Future of Cooling Opportunities for energy-efficient air conditioning"International Energy Agency Website: www.iea.org, 2018*. www.iea.org

Jones, J., & Hunter, D. (1995). Qualitative Research: Consensus methods for medical and health services research. *Bmj*, *311*(7001), 376. https://doi.org/10.1136/bmj.311.7001.376

Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change*, *73*(5), 467–482. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.09.002

López-Gómez, E. (2018). El método delphi en la investigación actual en educación: Una revisión teórica y metodológica. *Educacion XX1*, *21*(1), 17–40. https://doi.org/10.5944/educXX1.15536

Mazzone, A. (2020). Thermal comfort and cooling strategies in the Brazilian Amazon. An assessment of the concept of fuel poverty in tropical climates. *Energy Policy*, *139*(August 2018), 111256. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111256

Meijering, J. V., Tobi, H., van den Brink, A., Morris, F., & Bruns, D. (2015). Exploring research priorities in landscape architecture: An international Delphi study. *Landscape and Urban Planning*, *137*, 85–94. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.01.002

Meijering, J. V., Tobi, H., & Kern, K. (2018). Defining and measuring urban sustainability in Europe: A Delphi study on identifying its most relevant components. *Ecological Indicators*, *90*(February), 38–46. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.055

Middlemiss, L., & Gillard, R. (2015). Energy Research & Social Science Fuel poverty from the bottom-up : Characterising household energy vulnerability through the lived experience of the fuel poor. *Energy Research & Social Science*, *6*, 146–154. https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.02.001

Mirza, B., & Szirmai, A. (2010). Towards a new measurment of energy poverty: A cross-comunity annalysis of rural pakistan. *Working Paper Series*, *44*(31), 1–41.

Montojo, M. (2021). *Los gases que protegen la capa de ozono agravan el cambio climático*. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/medioambiente/clima/2021-08-16/gases-protegen-capa-ozono-agravan-cambio-climatico_3066363/

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2021). *It's official: July was Earth's hottest month on record*. Https://Www.Noaa.Gov/. https://www.noaa.gov/news/its-official-july-2021-was-earths-hottest-month-on-record

Nussbaumer, P., Bazilian, M., & Modi, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1), 231–243. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.150

OCUC. (2019). *Infraestructura de datos espaciales. ISMT*. https://ideocuc-ocuc.hub.arcgis.com/datasets/97ae30fe071349e89d9d5ebd5dfa2aec_0/about

Pérez-Fargallo, A., Rubio-Bellido, C., Pulido-Arcas, J. A., & Javier Guevara-García, F. (2018). Fuel Poverty Potential Risk Index in the context of climate change in Chile. *Energy Policy*, *113*(September 2017), 157–170. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.054

Piticar, A. (2018). Changes in heat waves in Chile. *Global and Planetary Change*, *169*(August), 234–246. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.08.007

Porras-Salazar, J. A., Contreras-Espinoza, S., Cartes, I., Piggot-Navarrete, J., & Pérez-Fargallo, A. (2020). Energy poverty analyzed considering the adaptive comfort of people living in social

housing in the central-south of Chile. *Energy and Buildings*, *223*, 110081. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110081

Randazzo, T., De Cian, E., & Mistry, M. N. (2020). Air conditioning and electricity expenditure: The role of climate in temperate countries. *Economic Modelling*, *90*(April), 273–287. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.001

Romero, H., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas Urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. *Revista INVI*, *25*(70), 151–179. https://doi.org/10.4067/s0718-83582010000300005

Sanchez-Guevara, C., Núñez Peiró, M., Taylor, J., Mavrogianni, A., & Neila González, J. (2019). Assessing population vulnerability towards summer energy poverty: Case studies of Madrid and London. *Energy and Buildings*, *190*, 132–143. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.024

Sánchez-Guevara, C., Núñez Peiró, M., Taylor, J., Mavrogianni, A., & Neila González, J. (2019). Assessing population vulnerability towards summer energy poverty: Case studies of Madrid and London. *Energy and Buildings*, *190*, 132–143. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.024

Sánchez-Guevara Sánchez, C., Mavrogianni, A., & Neila González, F. J. (2017). On the minimal thermal habitability conditions in low income dwellings in Spain for a new definition of fuel poverty. *Building and Environment*, *114*, 344–356. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.029

Simcock, N., Walker, G., & Day, R. (2016). Fuel poverty in the UK: beyond heating? *People Place and Policy Online*, *10*(1), 25–41. https://doi.org/10.3351/ppp.0010.0001.0003

Simoes, S. G., Gregório, V., & Seixas, J. (2016). Mapping fuel poverty in Portugal. *Energy Procedia*, *106*, 155–165. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.112

Smink Verónica. (2014). *Argentina: qué hay detrás de los apagones que enfadan a los ciudadanos.* BBC Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/12/141215_argentina_apagones_cortes_electricos_verano_irm

Thomson, H., Simcock, N., Bouzarovski, S., & Petrova, S. (2019). Energy poverty and indoor cooling: An overlooked issue in Europe. *Energy and Buildings*, *196*, 21–29. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.014

UNEP. (2019). *Handbook for the Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer*. https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-07/MP_Handbook_2019.pdf

Urquiza, Anahí, et al. (2017). Análisis de Fuentes Secundarias Disponibles de Alcance Nacional. Pobreza Energética en Chile: ¿un problema invisible? *RedPe*, 101. http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2017/09/Informe-RedPE-septiembre-2017-a.pdf

Valdés, M. G., & Marín, M. S. (2013). Delphi method for the expert consultation in the scientific research. *Revista Cubana de Salud Publica*, *39*(2), 253–267.

Vandentorren, S., Bretin, P., Zeghnoun, A., Mandereau-Bruno, L., Croisier, A., Cochet, C., Ribéron, J., Siberan, I., Declercq, B., & Ledrans, M. (2006). August 2003 heat wave in France: Risk factors for death of elderly people living at home. *European Journal of Public Health*, *16*(6), 583–591. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckl063

Walker, G., & Day, R. (2012). Fuel poverty as injustice: Integrating distribution, recognition and procedure in the struggle for affordable warmth. *Energy Policy*, *49*, 69–75. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.044

Wilson, E. (2021). *AC feels great, but it's terrible for the planet.* TIME. https://time.com/6077220/air-conditioning-bad-for-planet-how-to-fix/

World Health Organization. (2012). Health Indicators of sustainable cities. *The Rio+20 UN Conference on Sustainable Development*, *May*, 17–18.

WHO (World Health Organization) and WMO (World Meteorological Organization), Atlas of Health and Climate, WHO y WMO, Geneva, 2012

VII

Anexos

Anexo 01

Encuesta para la evaluación de la pobreza energética diseñada y aplicada por el Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Datos principales					
P1 ID del hogar	**2. Dirección de la vivienda**	**3. Datos de quien responde la encuesta**			
		Nombre	Teléfono de contacto	Edad	Género
(número de la vivienda)	---	---	---	---	---

Antecedentes energéticos – Electricidad				
P4 ¿Dispone de energía eléctrica en su vivienda?	**P5.1 ¿Sufre habitualmente interrupciones en el suministro eléctrico? (no considera por no pago o sobrecarga)**	**P5.2 En promedio, ¿Cuál es la duración de estas interrupciones?**	**P6 ¿Cuánto gasta en promedio en un mes de invierno en electricidad?**	**P7 ¿Cuánto gasta en promedio en un mes de verano en electricidad?**
1) Sí, de la red pública con medidor propio 2) Sí, de la red pública con medidor compartido 3) Sí, de la red pública sin medidor 4) Sí, de la red pública y un generador propio o comunitario (solar, eólico o fósil) 5) Sí, sólo de un generador propio o comunitario (solar, eólico o fósil) 6) No dispone de energía eléctrica	0) No (valor) Sí, ¿cuántas veces en promedio al mes?	0) No hay interrupción 1) Menos de 1 hora 2) Entre 1 y 4 horas 3) Más de 4 horas	(valor en pesos, $)	(valor en pesos, $)

Antecedentes energéticos – Combustibles					
	Indique los combustibles que compra en un año típico (sólo para agua caliente, calefacción y cocción de alimentos habitual)	**Indique con qué frecuencia compra cada combustible en los meses de invierno**	**Indique con qué frecuencia compra cada combustible en los meses de verano**	**Indique en qué formato y tamaño compra cada combustible**	**¿Cuál es el monto promedio que gasta en cada compra?**
	0) No / 1) Si	(veces / mes)	(veces / mes)	(Ej. Balón 45 kg, saco 10 kilos, bidón 10 litros)	(valor en pesos, $)
Gas licuado (cilindro)	**P8.1**	**P9.1**	**P10.1**	**P11.1**	**P12.1**
Gas por red (cañería)	**P8.2**	**P9.2**	**P10.2**	**P11.2**	**P12.2**
Parafina o petróleo	**P8.3**	**P9.3**	**P10.3**	**P11.3**	**P12.3**
Leña	**P8.4**	**P9.4**	**P10.4**	**P11.4**	**P12.4**
Carbón	**P8.5**	**P9.5**	**P10.5**	**P11.5**	**P12.5**
Pellet o derivado madera	**P8.6**	**P9.6**	**P10.6**	**P11.6**	**P12.6**
Otro (especifique)	**P8.7**	**P9.7**	**P10.7**	**P11.7**	**P12.7**

Antecedentes energéticos – Combustibles			
13. Indique los usos en calor de cada fuente de energía			
	13a. Calefacción 0: No / 1: Si	**13b. Cocción de alimentos** 0: No / 1: Si	**13c. Agua caliente** 0: No / 1: Si
Gas licuado (cilindro)	**P13a.1**	**P13b.1**	**P13c.1**
Gas por red (cañería)	**P13a.2**	**P13b.2**	**P13c.2**
Parafina o petróleo	**P13a.3**	**P13b.3**	**P13c.3**
Leña	**P13a.4**	**P13b.4**	**P13c.4**
Carbón	**P13a.5**	**P13b.5**	**P13c.5**
Pellet o derivado madera	**P13a.6**	**P13b.6**	**P13c.6**
Otro (especifique)	**P13a.7**	**P13b.7**	**P13c.7**

Antecedentes energéticos – Calefacción						
14. ¿Qué artefacto/s utiliza para calefacción? (puede seleccionar más de uno)						
P14.1 Salamandra	**P14.2** Cámara simple	**P14.3** Equipo hechizo	**P14.4** Cámara doble	**P14.5** Cocina a leña	**P14.6** Chimenea	**P14.7** Caldera a leña
0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si
P14.8 Pellets embutido	**P14.9** Pellets sobrepuesta	**P14.10** Caldera a pellets	**P14.11** Calefacción a carbón	**P14.12** Parrilla/ asadera	**P14.13** Caldera a petróleo	**P14.14** Parafina mecha
0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si
P14.15 Parafina láser	**P14.16** Estufa infrarroja	**P14.17** Estufa llama abierta	**P14.18** Estufa tiro balanceado	**P14.19** Estufa catalítica	**P14.20** Electricidad placa radiante	**P14.21** Calefactores oleoeléctricos
0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si
P14.22 Convector eléctrico	**P14.23** Calefactores a cuarzo	**P14.24** Termoventiladores	**P14.25** Fibra de carbono	**P14.26** Estufa halógena	**P14.27** Chimenea eléctrica	**P14.28** Aire acondicionado
0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si	0) No / 1) Si

Antecedentes energéticos – Calefacción, calentamiento de agua, enfriamiento						
15. ¿En qué periodo utiliza la calefacción de forma habitual?		**16. En las temporadas de uso de calefacción ¿cuántas horas durante el día y la noche la utiliza?**		**P17 ¿Qué artefacto utiliza para cocción de alimentos?**	**P18 ¿Qué artefacto usa para el agua caliente?**	**P19 Cuando hace calor en verano, ¿utiliza algún sistema de enfriamiento?**
P15.1 Desde (mes) (número del mes)	**P15.2** Hasta (mes) (número del mes)	**P16.1** Día (cantidad de horas)	**P16.2** Noche (cantidad de horas)	1) Salamandra 2) Equipo Hechizo 3) Cocina a Leña 4) Parrilla/asadera 5) Cocina de gas licuado 6) Cocina de gas natural 7) Electricidad placa radiante 8) Cocina eléctrica de vitrocerámica 9) Cocina eléctrica de inducción 10) Ninguno 11) Otro, ¿cuál?	1) Calefón 2) Termo eléctrico 3) Sistema solar 4) Calentamiento en olla o similar 5) Ninguno (usa sólo agua fría) 6) Otro, ¿cuál?	1) Ventilador 2) Aire acondicionado 3) Ninguno 4) Otro, ¿cuál?

Antecedentes de la vivienda – Aspectos generales						
P20 ¿Bajo qué situación ocupa la vivienda?	**P21 ¿En qué año aprox. fue construida la vivienda?**	**P22 Tipo de vivienda**	**P23 ¿Cuántos m^2 construidos tiene la vivienda?**	**P24 ¿Cuántas habitaciones (donde duermen integrantes) tiene la vivienda?**	**P25.1 ¿Se han realizado modificaciones en la vivienda? (ej: agregar piezas, cambiar distribución interna, etc.)**	**P25.2 En caso de ampliación, ¿fue regularizada?**
1) Propietario 2) Arrendatario 3) Usufructo o allegado	(número)	1) Aislada 2) Pareada 3) Continua 4) Departamento 5) Mediagua o vivienda de emergencia	(cantidad de m^2)	(cantidad de habitaciones)	0) No 1) Si **P25.1.Comentarios** (poner las modificaciones)	0) No 1) Si

	Antecedentes de la vivienda – Confort térmico y patologías de la construcción					
P26 ¿Se han realizado cambios en la envolvente de la vivienda? (Cambio ventanas, aislación...)	**P27 En términos de sensación térmica, su vivienda en invierno es:**	**P28 En términos de sensación térmica, su vivienda en verano es:**	**P29 ¿Tiene en algún lugar de su vivienda hongos o marcas de humedad?**	**P30 ¿Siente que en su vivienda hay problemas de infiltración de aire?**	**P31 ¿Siente que en su vivienda hay problemas de excesiva producción de vapor?**	**P32 ¿Aplica medidas de sanitización para la limpieza de superficies de su vivienda (pisos, mesones, muebles)**
0) No 1) Si **P26.Comentarios** (poner las modificaciones)	1) Muy calurosa 2) Calurosa 3) Ligeramente calurosa 4) Ni calurosa ni fría 5) Ligeramente fría 6) Fría 7) Muy fría	1) Muy calurosa 2) Calurosa 3) Ligeramente calurosa 4) Ni calurosa ni fría 5) Ligeramente fría 6) Fría 7) Muy fría	0) No 1) Si, ¿dónde se encuentran? **P29.Comentarios** (lugares con hongos y/o humedad)	0) No 1) Si	0) No 1) Si	0) No 1) Si **P32.Comentarios** (medidas de sanitización)

Antecedentes de la vivienda – Ventilación natural							
P33 En invierno, aunque haga frío, ventila su vivienda abriendo las ventanas:	**P33.1 ¿Cuántas horas ventila en la mañana?**	**P33.2 ¿Cuántas horas ventila al mediodía?**	**P33.3 ¿Cuántas horas ventila en la tarde?**	**P34 En verano ventila su vivienda abriendo las ventanas:**	**P34.1 ¿Cuántas horas ventila en la mañana?**	**P34.2 ¿Cuántas horas ventila al mediodía?**	**P34.3 ¿Cuántas horas ventila en la tarde?**
1) Siempre 2) La mayoría de las veces sí 3) Algunas veces sí, algunas veces no 4) La mayoría de las veces no 5) Nunca	(cantidad de horas)	(cantidad de horas)	(cantidad de horas)	1) Siempre 2) La mayoría de las veces sí 3) Algunas veces sí, algunas veces no 4) La mayoría de las veces no 5) Nunca	(cantidad de horas)	(cantidad de horas)	(cantidad de horas)

Antecedentes del hogar						
Enumere a los miembros del hogar y conteste las siguientes preguntas						
	P35 Nombre	**P36.1 Edad**	**P36.2 Genero**	**P37 Nivel educativo del integrante**	**P38 Jefe/a de hogar**	**P39 Relación de parentesco con jefe/a de hogar**
	Indique el nombre de pila (sin apellido) u otra manera de nombrar a cada integrante del hogar	(número)	1) Femenino 2) Masculino 3) Otro	1) Nunca asistió 2) Nivel preescolar 3) Educación básica incompleta 4) Educación básica completa 5) Educación media incompleta 6) Educación media completa 7) Educación superior incompleta 8) Educación superior completa 9) Posgrado (magíster, doctorado)	0) No 1) Si	(escribirla)
1	Quién responde la encuesta					
2	(agregar una fila en la base de datos)					
3	(agregar una fila en la base de datos)					

Antecedentes de salud						
	P40 ¿Posee algún integrante de la familia una condición de salud que sea electrodependiente?	**¿Posee algún integrante de la familia alguna enfermedad crónica?**	**P42 ¿En caso de tener asma, en que período del año se manifiesta?**	**P43 ¿ Posee algún integrante de la familia algún tipo de alergia?**	**P44 En el último año, ¿sufrió algún integrante de la familia alguna de las siguientes enfermedades respiratorias?**
	0) No 1) Si	**P41.2** Asma **P41.3** Enfermedad pulmonar obstructiva crónica **P41.4** Hipertensión pulmonar **P41.5** Diabetes **P41.6** Otra, ¿cuál? Respuesta: 0) No 1) Si	0) Ninguna 1) Otoño 2) Invierno 3) Primavera 4) Verano	0) No 1) Si **P43.Comentarios** (nombrar alergias)	0) Ninguna 1) Virus Sincicial 2) Influenza 3) Adenovirus 4) Bronquitis 5) Neumonía 6) Otra de carácter respiratorio, ¿cuál?
1					
2					
3					

Antecedentes de salud					
	P45 ¿Algún integrante de la familia ha sufrido algún cambio con respecto a enfermedades crónicas durante el período de confinamiento?	**P46.1 ¿Algún integrante de su familia se ha enfermado de COVID-19?**	**P46.2 ¿Cómo ha sido diagnosticado de COVID-19?**	**P46.3 ¿Cómo se ha manifestado la enfermedad?**	**P47 ¿Han tomado medidas para evitar que el resto de la familia se contagie?**
	0) No 1) Si **P45.Comentarios** (nombrar enfermedades)	0) No 1) Si	0) No aplica 1) Mediante test PCR 2) Mediante test serológico 3) No me he realizado ningún examen, pero he tenido los síntomas	0) No aplica 1) Como sintomático 2) Como asintomático	**Ojo: Sólo para familias que han tenido COVID-19:** 0) No 1) Si **P47.Comentarios** (nombrar medidas)
1					
2					
3					

Antecedentes socioeconómicos						
P48 La semana pasada, ¿trabajó al menos una hora, sin considerar los quehaceres del hogar?		**P49 En su trabajo o negocio principal, ¿usted trabaja como?**	**P50.1 ¿Cuántos días de la semana pasada asistió a su trabajo o negocio principal?**	**P50.2 ¿En qué comuna se ubica su trabajo o negocio principal?**	**51. ¿En qué medio/s de transporte se desplazó a su trabajo o negocio principal?**	**P52 Para trabajadores/as: el mes pasado, ¿cuál fue su sueldo, salario líquido o ganancias en su trabajo o negocio principal?** **Para pensionados/as: el mes pasado, ¿cuál fue el monto de su pensión (previsional, invalidez, solidaria, etc.)?**
0) No 1) Si		1) Patrón o empleador 2) Trabajador por cuenta propia 3) Empleado u obrero 4) Servicio doméstico 5) FF.AA. y del orden 6) Familiar no remunerado	(número de días a la semana)	(escribir comuna o "Todas")	0) No / 1) Si **P51.1** A pie **P51.2** En bicicleta **P51.3** En bus (micro) **P51.4** En metro **P51.5** En auto particular **P51.6** Otro, ¿cuál?	1) Pensión básica solidaria $158.339 (65 y 74 años) - $169.649 (+ de 75 años) 2) 1º decil - 2º decil: desde $0 - $74.969 por persona 3) 3º decil - 4º decil: $74.970 a $125.558 por persona 4) 5º decil - 6º decil: $125.559 a $193.104 por persona 5) 7º decil - 8º decil: $193.105 a $352.743 por persona 6) 9º decil: $352.744 a $611.728 por persona 7) 10º decil: $611.729 por persona y más
1						
2						
3						

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Anexo 02

Prueba de antígeno realizada previa a visitar la villa Altué Sur y 5 días después con resultado negativo.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 03

Protocolos de seguridad durante las visitas a la comuna de Renca con el propósito de aplicar las encuestas para validar el indicador multidimensional que integra confort térmico de verano.

1. Utilizará mascarilla FFP2 con filtro, o bien, mascarilla FFP2 y mascarilla celeste, protector facial y guantes durante toda la jornada.

2. La mascarilla celeste será cambiada al sentir humedad en ésta.

3. Se aplicará alcohol gel o líquido como medida de desinfección luego de cada intercambio de documentos con las personas encuestadas.

4. Se proveerá de mascarillas triple pliegue, a todas las personas que participen de la encuesta, la que será entregada por el equipo de trabajo.

5. Se solicitará el correcto uso de las mascarillas durante el desarrollo de la encuesta, esto es, cubrir por completo nariz y boca.

6. Se mantendrá una distancia mínima de 1.5 m entre encuestador y las personas encuestadas.

Fuente: Proyecto FONDECYT Regular 1201332 Nexo Pobreza Energía- Vivienda.

Anexo 04

Componentes del indicador de “Superficie de áreas verdes públicas por habitante”.

COMPONENTE	INDICADOR
ID	BPU_29
Compromiso	1. Mejor acceso a servicios y equipamientos públicos básicos
Atributo	Accesibilidad a áreas verdes
Indicador / Título del recurso	Superficie de áreas verdes públicas por habitante
Tipo de indicador	Estructural
Estándar CNDU	Desde 10 metros cuadrados / habitante
Año del indicador	2018
Escala del indicador	Comunal
Descripción / Resumen	Este indicador mide la capacidad de carga de la oferta total de áreas verdes públicas (plazas y parques), determinando el acceso potencial de la población a la dotación de áreas verdes de una comuna. La capacidad de carga se mide como una relación entre las superficies de las plazas - parques, y la cantidad de habitantes de la comuna. Ello resulta en un indicador de metros cuadrados de áreas verdes públicas por habitante.
Tipo de procesamiento	Geoprocesamiento y análisis bases de datos
Cobertura del Indicador	Límite Urbano Censal (LUC) de 117 comunas
N° de unidades territoriales	LUC de 117 comunas
Unidad / Forma de representación	Metros cuadrados/Habitante
Fecha de creación	22/03/2019
Fecha de actualización	21/07/2019
Frecuencia	Según disponibilidad de la fuente
Palabras claves	Superficie- Parques- Habitantes- Plazas
Categoría del indicador	Medio Ambiente
Responsable del metadato	Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
Variable 1 requerida para la construcción del in	Cobertura que represente a las plazas y parques públicos sobre los 450 m²
Fuente variable 1 / Nombre de la organización	INE
Link variable 1	Capa producida por el Subdepartamento de Geografía INE. Solicitar vía transparencia
Año variable 1	2018
Escala disponible de variable 1	Comunal
Variable 2 requerida para la construcción del in	LUC de 117 comunas
Fuente variable 2 / Nombre de la organización	INE
Link variable 2	https://bit.ly/2EAfmGy
Año variable 2	2017
Escala disponible de variable 2	Comunal
Variable 3 requerida para la construcción del in	Cobertura de manzanas con población
Fuente variable 3 / Nombre de la organización	INE
Link variable 3	https://bit.ly/2MvtdBT
Año variable 3	2017
Escala disponible de variable 3	Comunal
Limitaciones del Indicador	La accesibilidad potencial no considera distancia entre población y áreas verdes, por lo que es necesario analizar el indicador en conjunto con los indicadores BPU_21, BPU_23 y BPU_28.
Relación con otros indicadores	BPU_20, BPU_21, BPU_22, BPU_23, BPU_28.

Fuente: Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano de Chile, año 2018.

Anexo 05

Datos del indicador de "Superficie de áreas verdes públicas por habitante" pertenecientes a la comuna de Renca.

BPU_29	Superficie de áreas verdes públicas por habitante							
Región	Provincia	Comuna	CUT	Superficie Parque (m2)	Superficie Plazas (m2)	Superficie de Área Verde (m2)	Población dentro del LUC	BPU_29 Superficie de Área Verde por Habitantes (m2/Hab)
METROPOLITANA	SANTIAGO	SANTIAGO	13101	1,553,912.95	314094.72	1,868,007.66	402847	4.64
METROPOLITANA	SANTIAGO	CERRILLOS	13102	871,462.46	305502.19	1,176,964.65	80710	14.58
METROPOLITANA	SANTIAGO	CERRO NAVIA	13103	494,407.89	291964.59	786,372.48	132401	5.94
METROPOLITANA	SANTIAGO	CONCHALÍ	13104	76,991.65	340860.35	417,852.00	126800	3.30
METROPOLITANA	SANTIAGO	EL BOSQUE	13105	49,151.88	280109.16	329,261.04	162415	2.03
METROPOLITANA	SANTIAGO	ESTACIÓN CENTRA	13106	236,241.97	297521.89	533,763.86	140746	3.79
METROPOLITANA	SANTIAGO	HUECHURABA	13107	762,236.54	299286.88	1,061,523.43	98500	10.78
METROPOLITANA	SANTIAGO	INDEPENDENCIA	13108	28,486.21	126954.77	155,440.97	100059	1.55
METROPOLITANA	SANTIAGO	LA CISTERNA	13109	31,938.75	128427.75	160,366.50	89889	1.78
METROPOLITANA	SANTIAGO	LA FLORIDA	13110	216,795.82	1159154.11	1,375,949.93	366376	3.76
METROPOLITANA	SANTIAGO	LA GRANJA	13111	596,996.89	251114.23	848,111.12	116312	7.29
METROPOLITANA	SANTIAGO	LA PINTANA	13112	137,531.24	473591.43	611,122.67	176105	3.47
METROPOLITANA	SANTIAGO	LA REINA	13113	1,106,184.84	190795.89	1,296,980.73	92678	13.99
METROPOLITANA	SANTIAGO	LAS CONDES	13114	741,901.11	690846.30	1,432,747.40	294480	4.87
METROPOLITANA	SANTIAGO	LO BARNECHEA	13115	940,959.02	626845.32	1,567,804.34	103092	15.21
METROPOLITANA	SANTIAGO	LO ESPEJO	13116	201,238.88	229264.55	430,503.44	98651	4.36
METROPOLITANA	SANTIAGO	LO PRADO	13117	137,939.44	168752.55	306,691.98	95901	3.20
METROPOLITANA	SANTIAGO	MACUL	13118	181,618.34	299144.72	480,763.06	116249	4.14
METROPOLITANA	SANTIAGO	MAIPÚ	13119	1,055,893.43	1791808.50	2,847,701.93	517393	5.50
METROPOLITANA	SANTIAGO	ÑUÑOA	13120	208,097.92	300354.24	508,452.16	208048	2.44
METROPOLITANA	SANTIAGO	PEDRO AGUIRRE C	13121	351,625.49	178462.78	530,088.27	101035	5.25
METROPOLITANA	SANTIAGO	PEÑALOLÉN	13122	582,115.03	785309.42	1,367,424.45	241394	5.66
METROPOLITANA	SANTIAGO	PROVIDENCIA	13123	1,858,109.09	262959.53	2,121,068.62	141986	14.94
METROPOLITANA	SANTIAGO	PUDAHUEL	13124	295,576.63	752623.24	1,048,199.86	222754	4.71
METROPOLITANA	SANTIAGO	QUILICURA	13125	126,716.16	717587.71	844,303.87	209676	4.03
METROPOLITANA	SANTIAGO	QUINTA NORMAL	13126	259,578.60	139118.69	398,697.29	109784	3.63
METROPOLITANA	SANTIAGO	RECOLETA	13127	2,666,317.59	260838.41	2,927,155.99	157569	18.58
METROPOLITANA	SANTIAGO	RENCA	13128	307,314.83	365623.58	672,938.41	146987	4.58
METROPOLITANA	SANTIAGO	SAN JOAQUÍN	13129	221,092.08	241561.72	462,653.80	94325	4.90
METROPOLITANA	SANTIAGO	SAN MIGUEL	13130	100,570.05	111933.50	212,503.55	107828	1.97
METROPOLITANA	SANTIAGO	SAN RAMÓN	13131	108,191.47	274621.54	382,813.02	82602	4.63
METROPOLITANA	SANTIAGO	VITACURA	13132	1,334,916.19	257987.00	1,592,903.19	85300	18.67
METROPOLITANA	CORDILLERA	PUENTE ALTO	13201	561,922.00	1930758.23	2,492,680.23	565439	4.41

Fuente: Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano de Chile, año 2018.