



UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Pregrado  
Carrera de Geografía

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ENERGÉTICA TERRITORIAL FRENTE A LA  
AMENAZA DE ISLA DE CALOR URBANA EN LA CIUDAD DE ARICA

Memoria para optar al título profesional de Geógrafo  
SERGIO IGNACIO AGUILERA FLORES

Profesora guía: Pamela Smith Guerra

Santiago - Chile

2022

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero agradecer a mis padres Sara y Sergio por haberme apoyado, alentado, acompañarme y permitirme soñar, del mismo modo agradecer a mi abuela Sara por su constante preocupación y cariño, gracias por ser un pilar fundamental, sin ustedes este camino hubiese sido difícil. También, reconocer en este proceso a mi abuelo Gabino y mis hermanos Lissette y Gabriel.

Igualmente, quiero destacar con quienes compartí día a día, en los almuerzos, trabajos, terrenos y aprendí mucho más allá de las paredes de la Universidad Cami Soto, Cata acb2, Daniel, Diego, Elías, Felo, Goye, Javi, Kat, Paloma, Silvana, Ingrid, Yessenia y Roco, en especial agradecer a quienes me supieron comprender, madrugamos, viajamos, pasamos por momentos altos, bajos, alegrías y mucho estrés Claudio, Francisca, Paula, Carlos y Eduardo. Asimismo, agradecer a mis amigos del colegio e infancia por su apoyo y consejos en estos años Elizabeth (Ely), Luna, Rubinstein, Javier, Eduardo y Erick.

Por último, dar las gracias a la profesora Pamela Smith por haberme guiado en este proceso académico de elaboración, desarrollo y finalización de esta memoria. Igualmente destacar a la profesora Joselyn Arriagada y profesor José Marcelo Bravo por sus conocimientos, consejos y ayuda dentro de la vida universitaria.

## **RESUMEN**

La urbanización ha provocado modificaciones en la atmosfera local de las ciudades generando fenómenos como la isla de calor urbana [ICU], la ICU amenaza el bienestar y salud de las personas que habitan las ciudades, presentándose con una intensidad y forma espacial desigual respecto de las temperaturas, lo que genera un mayor consumo de energía. Esta energía proviene principalmente de fuentes que generan gases que elevan la temperatura local y global. Los habitantes urbanos en búsqueda de confort térmico utilizan sistemas y aparatos que requieren de energía para su funcionamiento, llevando a un círculo poco virtuoso. Si el consumo de energía no es óptimo para el confort térmico de los individuos por diversos factores climáticos, económicos, sociales, demográficos, infraestructura, geográficos, entre otros, estos se ven enfrentados al fenómeno de la Vulnerabilidad Energética Territorial.

Arica posee características como una elevada pobreza urbana, consumo de energía importante, entre otras, además se afronta a una de las mayores ICU de la macrozona Norte Grande, es por lo que, la presente investigación busca analizar las áreas que se encuentran en Vulnerabilidad Energética Territorial (VET) en la ciudad de Arica actualmente. Para ello, se realizó una Evaluación Multicriterio [EMC] mediante el método AHP (Analytic Hierarchy Process), la EMC considero inicialmente una selección bibliográfica de los criterios y sub-criterios adecuados para la ciudad de Arica, luego, estos se sometieron a una consulta a expertos, para finalmente, ingresar los datos proporcionados por los especialistas a la matriz de comparación y construir las ecuaciones de pesos relativos.

Los resultados obtenidos muestran que Arica es una ciudad heterogénea respecto de VET, pues presenta zonas censales más y menos vulnerables, cabe destacar que la urbe tiene diferencias territoriales marcadas entre la proximidad a la línea de costa y el límite urbano oriente.

**Palabras Claves:** *Vulnerabilidad Energética Territorial, Vulnerabilidad Energética, Pobreza energética, Isla de Calor Urbano, Confort Térmico.*

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Introducción .....	10
1.2. Planteamiento del Problema .....	11
1.3. Estado del Asunto.....	14
1.3.1. Isla de Calor Urbana .....	14
1.3.2. Confort Térmico en la Vivienda .....	14
1.3.3. Pobreza Energética .....	14
1.3.4. Vulnerabilidad Energética .....	15
1.3.5. Vulnerabilidad Energética Territorial (VET) .....	16
1.3.5.1. Criterio Infraestructura .....	17
1.3.5.2. Criterio Socioeconómico .....	18
1.3.5.3. Criterio Climático .....	18
1.3.5.4. Criterio Geográfico .....	19
1.4. Área de Estudio .....	20
1.4.1. Características Sociales, Urbanas y Económicas.....	22
1.4.2. Características Físicas y Climáticas.....	28
1.4.2.1. Climatología.....	28
1.5. Objetivos .....	31
1.5.1. Objetivo General .....	31
1.5.2. Objetivos Específicos.....	31
<b>CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>32</b>
2.1. Metodología General .....	32
2.2. Pasos Metodológicos.....	33
2.2.1. Objetivo Específico N°1 .....	33
2.2.1.1. Criterio Socioeconómico .....	33
2.2.1.2. Criterio Infraestructura .....	36
2.2.2. Objetivo Específico N°2 .....	41
2.2.2.1. Criterio Climático .....	41
2.2.2.2. Criterio Geográfico .....	44
2.2.3. Objetivo Específico N°3 .....	46
2.2.3.1. Evaluación Multicriterio .....	46
2.2.3.2. Consulta a Expertos.....	49

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

2.2.3.3. Desarrollo del Objetivo Específico N°3.....	52
<b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
3.1. Objetivo N°1 “Identificar los sub-criterios internos de un hogar en la ciudad de Arica mediante los criterios socioeconómico y de infraestructura vinculados a la VET” .....	54
3.1.1. Criterios Internos de la VET.....	54
3.1.1.1. Criterio Socioeconómico .....	54
3.1.1.1.1. Dependencia Demográfica.....	54
3.1.1.1.2. Densidad Poblacional.....	55
3.1.1.1.3. Hacinamiento.....	57
3.1.1.1.4. Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar .....	59
3.1.1.1.5. Sub-criterios de Educación .....	60
3.1.1.2. Criterio Infraestructura .....	62
3.1.1.2.1. Materialidad de la Vivienda .....	62
3.1.1.2.2. Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona .....	65
3.2. Objetivo N°2 “Determinar los sub-criterios externos de un hogar de Arica a través de los criterios climático y geográfico relacionados a la VET” .....	67
3.2.1. Criterios Externos de la VET .....	67
3.2.1.1. Criterio Climático .....	67
3.2.1.1.1. Distancia respecto del Mar .....	67
3.2.1.1.2. SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo).....	68
3.2.1.1.3. Sub-criterios de Áreas Verdes .....	69
3.2.1.1.4. Amplitud Térmica Interestacional.....	73
3.2.1.2. Criterio Geográfico .....	76
3.2.1.2.1. Altura de las Edificaciones .....	76
3.2.1.2.2. Pendientes.....	78
3.2.1.2.3. Exposición Solar .....	80
3.3. Objetivo N°3 “Establecer las áreas de VET en la ciudad a una escala de zona censal” .....	81
3.3.1. Criterios de la VET.....	81
3.3.1.1. Análisis Criterios Internos de la VET (Socioeconómico e Infraestructura) .	81
3.3.1.2. Análisis de los Criterios Externos de la VET (Climático y Geográfico) .....	83
3.3.2. Evaluación multicriterio de la Vulnerabilidad Energética Territorial de Arica ....	85
3.3.2.1. Análisis de zonas VET .....	89
3.3.2.1.1. Distrito de Población Chile .....	89

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

3.3.2.1.2. Distrito de José Miguel Carrera.....	91
3.3.2.1.3. Distrito de Chinchorro.....	93
<b>CAPÍTULO 4: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
4.1. Discusión.....	95
4.2. Conclusión.....	98
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura N°1: Representación del Sistema Territorial .....	17
Figura N°2: Áreas urbanas de la comuna de Arica .....	21
Figura N°3: Distritos, zonas censales y sectores urbanos de la ciudad de Arica.....	22
Figura N°4: Expansión urbana de la ciudad de Arica.....	25
Figura N°5: Uso de Suelo en la Ciudad de Arica.....	26
Figura N°6: Climograma de la ciudad de Arica.....	29
Figura N°7: Características Físicas y Climatológicas de la ciudad de Arica.....	30
Figura N°8: Esquema Metodológico General .....	32
Figura N°9: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°1 .....	41
Figura N°10: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°2.....	46
Figura N°11: Estructura Jerárquica.....	47
Figura N°12: Escala de Saaty .....	47
Figura N°13: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Socioeconómico.....	49
Figura N°14: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio de Infraestructura.....	50
Figura N°15: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Climático.....	51
Figura N°16: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Geográfico.....	52
Figura N°17: Preferencia de los Criterios .....	52
Figura N°18: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°3.....	53
Figura N°19: Dependencia Demográfica por zona censal en la ciudad de Arica .....	55
Figura N°20: Densidad Poblacional por zona censal en la ciudad de Arica .....	57
Figura N°21: Hacimiento por zona censal en la ciudad de Arica .....	58
Figura N°22: Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar por zona censal en la ciudad de Arica .....	60
Figura N°23: Sub-criterios de Educación por zona censal en la ciudad de Arica.....	62
Figura N°24: Ejemplos de tipos de viviendas en Arica.....	63
Figura N°25: Sub-criterios de Materialidad de Viviendas por zonas censal en Arica.....	65
Figura N°26: Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona año 2017, por zona censal en Arica. ....	66
Figura N°27: Distancia de la ciudad de Arica respecto de la línea de costa .....	68

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Figura N°28: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) aplicado a la ciudad de Arica .....	69
Figura N°29: Contraste de las áreas verdes en la ciudad de Arica. ....	70
Figura N°30: Sub-criterios de Áreas Verdes por zonas censal en la ciudad de Arica.....	73
Figura N°31: Amplitud Térmica Interestacional en la ciudad de Arica entre 2008 - 2018..	75
Figura N°32: Ejemplos de edificaciones en la ciudad de Arica. ....	77
Figura N°33: Altura de las Construcciones por manzanas en la ciudad de Arica .....	78
Figura N°34: Pendientes en la ciudad de Arica .....	79
Figura N°35: Exposición Solar de la ciudad de Arica .....	80
Figura N°36: EMC Criterios Internos de la VET .....	83
Figura N°37: EMC Criterios Externos de la VET .....	85
Figura N°38: EMC de la VET en la ciudad de Arica .....	86
Figura N°39: Análisis de zonas censales seleccionadas según los resultados VET .....	90
Figura N°40: Imágenes de viviendas en la zona censal 1 de Población Chile. ....	91
Figura N°41: Imágenes de viviendas en la zona censal 1 de J. M. Carrera. ....	92
Figura N°42: Imágenes de viviendas en la zona censal 2 de Chinchorro. ....	94

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico N°1: Evolución de la población en la comuna de Arica .....	22
Gráfico N°2: Población por grupos de edad en la comuna de Arica, 2017.....	23
Gráfico N°3: Porcentaje de pobreza urbana en la comuna de Arica comparado con el promedio nacional, basado en la encuesta CASEN.....	24
Gráfico N°4: Porcentaje de Energía consumida (MWh) según tipo de cliente en la comuna de Arica, periodo 2015 - 2019.....	27
Gráfico N°5: Energía consumida (kWh) de Cliente Residencial por año en la comuna de Arica .....	28
Gráfico N°6: Total de zonas censales según el porcentaje de superficie de área verde respecto del total de área de la zona censal .....	71
Gráfico N°7: Porcentaje de superficie urbana según rangos de Amplitud Térmica Interestacional .....	75
Gráfico N°8: Porcentaje de superficie urbana según los niveles de vulnerabilidad energética territorial.....	87

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla N°1: Criterio Socioeconómico .....	33
Tabla N°2: Clasificación del Hacinamiento .....	35
Tabla N°3: Reclasificación del Hacinamiento Medio .....	35
Tabla N°4: Criterio Infraestructura .....	37
Tabla N°5: Clasificación previa de materiales de las viviendas .....	37
Tabla N°6: Índice de Materialidad de las Viviendas .....	38
Tabla N°7: Valores del Servicio Eléctrico en pesos (\$) basado en CGE Distribución año 2017 .....	39
Tabla N°8: Criterio Climático .....	42
Tabla N°9: Clasificación del SAVI .....	43
Tabla N°10: Criterio Geográfico .....	44
Tabla N°11: Clasificación de la altura de las edificaciones .....	45
Tabla N°12: Clasificación de tipos de pendientes .....	45
Tabla N°13: Matriz de Comparación .....	48
Tabla N°14: Matriz Normalizada .....	48
Tabla N°15: Resumen de viviendas y habitantes según el nivel de VET .....	88

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo N°1: Consumo de energía según Clientes Residenciales (kWh) por macrozona .	113
Anexo N°2: Variación porcentual en el consumo de energía de la macrozona Norte Grande .....	113
Anexo N°3: Promedio de pago por la cuenta de la luz por región e interrupción del servicio eléctrico.....	114
Anexo N°4: Macrozonas de Chile .....	115
Anexo N°5: Población urbana por Macrozona de Chile .....	116
Anexo N°6: Exposición solar en grados decimales .....	116
Anexo N°7: Rangos de Pendiente según Umbrales Geomorfológico.....	117
Anexo N°8: Encuesta sobre Criterios y Sub-criterios .....	117
Anexos N°9: Resultados de la encuesta.....	123
Anexo N°9.1: Sub-criterios del Criterio Socioeconómico .....	123
Anexo N°9.2: Sub-criterios del Criterio de Infraestructura .....	123
Anexo N°9.3: Sub-criterios del Criterio Climático .....	123
Anexo N°9.4: Sub-criterios del Criterio Geográfico .....	124
Anexo N°9.5: Valoración de los Criterios de VET.....	124

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS**

AHP	Proceso de Análisis Jerárquico	IGM	Instituto Geográfico Militar
BCN	Biblioteca del Congreso Nacional	INE	Instituto Nacional de Estadísticas
CASEN	Encuesta Nacional de Caracterización Socioeconómica Nacional	INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
CChC	Cámara Chilena de la Construcción	GEI	Gases de Efecto Invernadero
CGE	Compañía General de Electricidad	PE	Pobreza Energética
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales	RedPE	Red de Pobreza Energética
CNDU	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano	SAVI	Índice de vegetación ajustado al suelo
CNE	Comisión Nacional de Energía	SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
CR <sup>2</sup>	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia	SIEDU	Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano
DEM	Modelo de Elevación Digital	SHOA	Servicio Nacional de Oceanografía de la Armada
DGA	Dirección Nacional de Aguas	VE	Vulnerabilidad Energética
DMC	Dirección Meteorológica de Chile	VET	Vulnerabilidad Energética Territorial
EMC	Evaluación Multicriterio	ZC	Zona Censal
ICU	Isla de Calor Urbana		

## **CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN**

### **1.1.- Introducción**

En el marco de la creciente urbanización mundial que se está viviendo desde los años 50 del pasado siglo, las ciudades han creado su propio clima, modificando los procesos aerodinámicos, térmicos e hidrográficos de su atmosfera local (Ferrelli *et al.* 2016), lo que ha generado fenómenos y amenazas para sí misma, una de esas consecuencias es la isla de calor urbano (ICU). La ICU aumenta las temperaturas internas de las ciudades, lo que ha llevado a las personas a buscar confort térmico en sus viviendas mediante un mayor consumo de energía (Castro *et al.* 2015; Letelier, 2020), este aumento en el consumo de energía puede provocar en los habitantes dos situaciones una conducción al bienestar personal, pero a la vez, a la pobreza, pues el aumento en el consumo de energía eleva los gastos, lo que contribuye en un crecimiento generalizado de la pobreza y, entre ellas, la pobreza energética [PE] (Murias *et al.* 2020).

La PE tiene su observación en las condiciones internas del hogar y representa una fotografía estática (Sánchez, 2018), ante una amenaza de escala urbana como la ICU que tiene una intensidad y forma espacial desigual (Casillas-Higuera *et al.* 2014), es pertinente una mirada multidimensional, no limitada y dinámica del territorio (Murias *et al.* 2020), para ello la Vulnerabilidad Energética Territorial [VET] integra la PE y expande *“el marco de referencia para observar también los sistemas territoriales donde esos hogares se insertan, y sus vulnerabilidades asociadas”* (Amigo, 2019. 32 p); La VET observa los aspectos socio-ecológicos, socio-técnicos y socio-culturales del territorio (Amigo, 2019; Red de Pobreza Energética [B], 2019; RedPE, 2021).

En el caso de Chile, la macrozona de mayor urbanización es el Norte Grande con un 94,5% de sus habitantes viviendo en ciudades (INE, 2017), además se posiciona como la tercera área de mayor consumo de energía a nivel residencial en el país y también, presenta una variación positiva de 0,07% de acuerdo al periodo 2015 - 2019 en el consumo de energía (CNE, 2020). Dentro de esta macrozona, la región de Arica y Parinacota paga la cuenta de la electricidad más alta \$23.454 promedio mensual por cliente (Energía Región, 2021) y posee la segunda mayor interrupción promedio mensual del servicio eléctrico con 1,35 horas/cliente (*Idem*). En relación a lo anterior, Arica se posiciona como una ciudad relevante para estudiar, puesto que contempla características negativas como gran concentración de pobreza tanto multidimensional [21,1%] como urbana [7,3%] (Amigo *et al.* 2021; Saa-Vidal *et al.* 2018); un 92% de los hogares sin dispositivos de calefacción y posee el 71% viviendas construidas con la normativa antes del año 2000 (Amigo *et al.* 2021); frente a la amenaza de isla de calor urbana, Arica está posicionada dentro de las más afectadas del Norte Grande con 4,92°C solo superada por Antofagasta (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

Ante este contexto se inserta la presente investigación, la cual tiene por objetivo analizar las áreas que se encuentran en Vulnerabilidad Energética Territorial (VET) en la ciudad de

## *“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Arica en la actualidad, contemplando las dimensiones internas y externas del hogar que propician este fenómeno. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó una metodología de evaluación multicriterio [EMC] de tipo AHP, la EMC considero inicialmente una revisión bibliográfica, donde se seleccionaron los criterios adecuados para la ciudad de Arica, luego los criterios se sometieron a una consulta a expertos, para finalmente, ingresar los datos proporcionados por los especialistas a una matriz de comparación y obtener las ecuaciones de pesos relativos.

La investigación se encuadra dentro de los Fondecyt N°11180824 "Expresiones territoriales, económicas y socioculturales de la pobreza energética en Chile: Un estudio a partir de las diferentes zonas climáticas del país" y N°11180990 "La construcción social del clima urbano: hacia la calidad y justicia climática en las ciudades chilenas".

### **1.2.- Planteamiento del Problema**

La urbanización global ha tomado relevancia desde 1950 en adelante, mostrando una tendencia, en la cual, la concentración de habitantes localizados en áreas urbanas ha ido en crecimiento. La población urbana global en 1950 constituía un 19,6% y la población rural un 70,4% (Martínez, 2015). Transcurrido medio siglo, el *“2007 fue el primer año de la historia en que hubo más personas viviendo en áreas urbanas que en el campo”* (Vilches et al. 2014). Actualmente, el 55% de las personas en el mundo vive en ciudades (Organización para las Naciones Unidas [ONU], 2018).

La región del mundo donde la concentración de población en áreas urbanas obtiene una mayor relevancia es América Latina y el Caribe, con un 81% de habitantes urbanos (ONU, 2018). Chile no ha quedado fuera del proceso de urbanización, pues desde 1982 se muestra un predominio de población urbana sobre la rural (Olave, 2015), proceso que ha favorecido la concentración en áreas urbanas (ciudades), ya que en el Censo de 2017 el 87,8% (15.429.975 habitantes) de las personas fueron categorizadas en sectores urbanos (INE, 2017).

Una de las alteraciones que genera la urbanización es sobre *“los procesos aerodinámicos, térmicos e hidrográficos que ocurren en la atmósfera local generando una modificación artificial del clima, denominado clima urbano”* (Lombardo, 1997; en Ferrelli et al. 2016. 470 p). Las modificaciones artificiales resultan de transformaciones inadvertidas e intencionales introducidas sobre los climas regionales y locales (Oke, 1987); y se caracterizan por formar islas de calor, cambiar las condiciones de sequedad, frío y humedad, entre otras, condiciones que generan riesgo para la salud de la población urbana (Smith & Romero, 2016). Los cambios locales propiciados por la urbanización se perciben de manera diferente según las características socioeconómicas de las ciudades (Romero et al. 2010).

Las ciudades amenazadas por el fenómeno de isla de calor urbana (ICU) llegan a alcanzar variaciones de temperaturas de 2°C a 8°C más que su entorno próximo (Oke, 1987; en Romero et al. 2010), pues las ciudades *“absorben y acumulan el calor a lo largo de las*

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

*horas de insolación y lo liberan durante la noche impidiendo que bajen las temperaturas”* (Blender, 2015), este aumento se propicia por factores como la capacidad térmica de los materiales de construcción, emisión de calor antropogénico, contaminantes atmosféricos, entre otros (*Idem*). La ICU al interior de una ciudad tiene una intensidad y forma espacial desigual, por lo que su desarrollo está ligado al tamaño, morfología, actividades al interior de la ciudad, densidad poblacional, etc. (Casillas-Higuera *et al.* 2014).

Una de las consecuencias del fenómeno de la ICU es que provoca un aumento del consumo de energía (Castro *et al.* 2015), lo anterior induce a la búsqueda de sistemas de refrigeración y aire acondicionado para las viviendas y edificaciones, con el objetivo de un mayor confort térmico hacia las personas (Hernández, 2019). De esta manera las ciudades se ven forzadas a una mayor generación de energía a fin de satisfacer el aumento de consumo energético, lo que deriva en un *“aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los contaminantes como dióxidos de sulfuros, monóxido de carbono, los NOx y de las partículas volátiles”* (Tumini, 2014. 3 p), estos gases nocivos impactan en el aumento de las temperaturas en las zonas urbanas (Letelier, 2020). Las viviendas en Chile no garantiza un ambiente confortable en las estaciones de invierno o verano, llevando a los individuos a conseguir ese confort térmico mediante sus posibilidades y conocimiento (Rodríguez, 2021). De lo anterior, cuando no es posible llegar a ese consumo de energía para conseguir un nivel de confort térmico adecuado, se cae en la categoría de pobreza energética [PE]. (*Idem*).

La PE más allá de lo teorizado por Brenda Boardman en 1991, que estableció un umbral específico en función del ingreso total de los hogares [10% o más de sus ingresos en una calefacción adecuada] (Ochoa, 2014), actualmente en países como Chile (en vías de desarrollo) se relaciona a *“la falta de acceso equitativo a energía de calidad en el hogar”* (Amigo, 2019) y se está conceptualizando cada vez más a través de la vulnerabilidad (Middlemiss y Gillard 2015; en Bouzarovski *et al.* 2017). Sin embargo, el alcance del concepto PE *“es limitado, pues no se aborda o visibiliza aspectos fundamentales de su naturaleza”* (Pellicer-Sifres, 2018. 3 p), y también se centra en vislumbrar los problemas a *“nivel de hogar, sin embargo, parece necesario expandir el marco de referencia para observar también los sistemas territoriales donde esos hogares se insertan, y sus vulnerabilidades asociadas”* (Amigo, 2019. 32 p).

Ante las limitaciones de la PE, la vulnerabilidad energética es anterior a la pobreza, pues anticipa situaciones potenciales relacionadas a factores como el nivel socioeconómico de los miembros del hogar, condiciones climáticas, técnicas, demográficas y sociales que siguen una marcada distribución espacial. (Murias *et al.* 2020). La vulnerabilidad energética [VE] tiene la ventaja de ser un término menos restrictivo que la PE, con alcance global (Contreras, 2019) y necesario *“a la hora de estimar la pobreza energética ya que considera que algunos hogares pueden ser considerados pobres energéticos temporalmente y no permanentemente”* (Fernández, 2018. 8 p). La PE y VE son *“un fenómeno profundamente geográfico y político, se distribuyen y experimentan desigual en diferentes lugares”*

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

(Bouzarovski, 2018), asimismo la injusticia opera en todo el sistema energético [Generación, Transporte y Distribución], junto con las desigualdades económicas, materiales y culturales a distintas escalas (Bouzarovski, 2018).

La Red de Pobreza Energética (RedPE) en Chile, engloba los fenómenos antes mencionados (PE y VE), a través de la Vulnerabilidad Energética Territorial [VET] (Amigo, 2019), la que es entendida como *“la propensión de un territorio genera condiciones de pobreza energética en los hogares a partir de sus condiciones climáticas, geográficas, económicas, institucionales, infraestructurales y socioculturales”* (RedPE (A), 2019. 10 p). La escala urbana, es el principal lugar para la manifestación de la vulnerabilidad energética a través de un conjunto de fenómenos socio-espaciales específicos (Bouzarovski *et al.* 2017).

En el caso chileno, las ciudades son las áreas de mayor interés pues concentran un 87,8% de los habitantes según el Censo 2017. La macrozona del Norte Grande concentra un 94,5% de población en ciudades (véase anexo N°4 y N°5) y es la zona más urbanizada del país (INE, 2017), además de poseer un alto grado de pobreza urbana, con valores que van desde 4,3% a 7,3% según encuesta CASEN 2017 (Saa-Vidal *et al.* 2018). Igualmente se posiciona como la tercera área de mayor consumo de energía a nivel residencial en el país (véase anexo N°1) y también, presenta una variación positiva de 0,07% de acuerdo al periodo 2015 - 2019 (véase anexo N°2) en el consumo de energía (CNE, 2020), a nivel de viviendas, se experimentan diferencias en el *“acceso a agua caliente sanitaria y climatización de la vivienda, en los grandes centros urbanos los precios de la energía provocan un alto gasto de los hogares”* (RedPE (B) 2019. 8 p). Dentro de esta macrozona, la región de Arica y Parinacota paga la cuenta de la electricidad más alta \$23.454 (Energía Región, 2021) y posee la segunda mayor interrupción del servicio eléctrico con 1,35 horas (Energía Región, 2021) [véase anexo N°3].

De la macrozona Norte Grande, Arica fue seleccionada como caso de estudio, porque es el lugar de mayor concentración de pobreza urbana con un 7,3%; también presenta otros indicadores que evidencian la vulnerabilidad de la ciudad, entre ellos la pobreza multidimensional 21,1% [Promedio Nacional 14,5%], los usuarios con electricidad 99,2% [Promedio Nacional 99,9%], Arica tiene sin dispositivos de calefacción 92% de los hogares [Promedio Nacional 13,4%], también posee el 71% viviendas construidas con la normativa antes del año 2000 [Promedio Nacional 66%] (Amigo *et al.* 2021) y frente a la amenaza de isla de calor urbana, la ciudad está posicionada dentro de las más afectadas del Norte Grande solo tras Antofagasta con 4,92°C (Ministerio de Medio Ambiente, 2020). Cabe preguntarse entonces, ***¿Cuál es el grado de vulnerabilidad energética territorial? ¿Qué elementos internos de la ciudad contribuyen a la condición de vulnerabilidad energética territorial? ¿Qué zonas de la ciudad son más propensas a ser vulnerables energéticamente?***

### **1.3.- Estado del Asunto**

La Vulnerabilidad Energética Territorial es un problema complejo, frente a amenazas como la isla de calor urbana, considera elementos fundamentales erigidos en otros conceptos teorizados previamente, como confort térmico, pobreza energética y vulnerabilidad energética.

#### **1.3.1.- Isla de Calor Urbana**

La Isla de Calor Urbana (ICU) es entendida como *“el aumento [...] de las temperaturas de la ciudad en comparación con su entorno inmediato de carácter natural y rural”* (Cuesta, 2020. 11 p), este fenómeno es uno de efectos de la urbanización (Ortega, 2018) y también se evidencia en las diferentes escalas espaciales y magnitudes (Municipalidad de Curridabat, 2019). La ICU se intensifica y adquiere un tamaño relevante por factores como la superficie urbana construida, densidad de población, actividades humanas, la cantidad y distribución de áreas verdes, parque vehicular, latitud, niveles de polución, la topografía, cuerpos de agua, radiación, entre otros (Letelier, 2020).

La ICU en la actualidad, representa una amenaza para el bienestar y salud de las personas en las ciudades, pues aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias, situaciones de disconfort, estrés térmico, reduce la calidad del aire, disminuye la productividad, afecta las actividades urbanas, sociales y económicas, aumenta el consumo de energía en la ciudad (Sánchez, 2013; Cújar & Julio, 2016; Sjøvold, 2019).

#### **1.3.2.- Confort Térmico en la Vivienda**

El confort térmico es un estado de neutralidad térmica, en la cual, el ser humano no siente demasiado calor ni frío con las condiciones del entorno (Castillo, 2020), el confort térmico de una vivienda es importante para las personas, puesto que influye en elementos como la salud, el bienestar, la productividad y consumo energético. El confort térmico apropiado para una vivienda es  $24 \pm 1,0$  °C (Soto *et al.* 2019).

Algunos de los factores relevantes en el confort térmico son los materiales con los que se edifica la vivienda y la orientación respecto del sol, estos elementos logran reducir el efecto de las agresiones externas, y con ello disminuir el consumo energético y eléctrico (Castillo *et al.* 2019). Un adecuado confort térmico en la vivienda depende del contexto climático y geográfico, lo que lleva a variar en la necesidad de artefactos según el contexto de la vivienda, por ejemplo, aire acondicionado, calentador de agua, calefactor, ventilador (Ochoa, 2014; Castillo *et al.* 2019).

#### **1.3.3.- Pobreza Energética**

La satisfacción de las necesidades de los individuos requiere de energía en la vivienda, pues el desarrollo y bienestar de las personas tiene una relación directa con el consumo de energía (Louie, 2018). Por el contrario, cuando no se logran consumir los niveles adecuados de energía para satisfacer las necesidades fundamentales, se llega a la categoría de PE (Castelao & Méndez, 2019).

## *“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

La PE es un fenómeno que se concentra a nivel de hogar (Sánchez, 2018; Amigo, 2019) y se define desde la base que *“un hogar [...] no tiene acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad para cubrir sus necesidades fundamentales y básicas, que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros”* (RedPE (B), 2019. 10 p.), además, hoy se concibe como un problema multidimensional, complejo, situado espacial y temporalmente y actual (*idem*). Ochoa & Graizbord (2016) considero seis elementos para caracterizar la pobreza energética y definir el uso final de la energía del hogar, entre ellos la cocción de alimentos, refrigeración de alimentos, entretenimiento, calentamiento de agua, iluminación y confort térmico en la vivienda.

### **1.3.4.- Vulnerabilidad Energética**

La vulnerabilidad energética [VE], originalmente se definía como la *“propensión de un individuo a ser incapaz de asegurar un nivel material y socialmente necesario de servicio energético en el hogar”* (Bouzarovski et al. 2014. 10 p); No obstante, ahora se centra en anticipar los grupos que se encuentran en riesgo de caer en la pobreza energética, desde los hogares que en el presente tengan problemas originados en factores sociales, económicos, políticos y de infraestructura (Bouzarovski, 2018). La naturaleza de VE es abstracta y multidimensional, por lo tanto, impide la medición directa y solo puede estimarse (Murias et al. 2020).

La VE, en el presente, se enfoca desde dos perspectivas lo interno y externo del hogar, principalmente centrado en las causas que propician el fenómeno (Sánchez, 2018), pues la vivienda se puede ver afectada por cambios *“en las condiciones internas de la unidad de vivienda (como una pérdida de empleo) o en las condiciones externas (como una crisis económica)”* (Oliveras et al. 2021).

En los últimos años se ha realizado un esfuerzo por la construcción teórica y empírica del concepto. A escala internacional, los estudios relacionados al interior del hogar han sido ejecutados mediante trabajos cualitativos, como el de Bouzarovski & Petrova en 2015, en el cual estableció un marco conceptual para Europa sobre los enfoques de vulnerabilidad a nivel doméstico, orientándose en la identificación de los factores y esfera de acción que privan o limitan los servicios energéticos (ejemplos de servicios energéticos: iluminación, cocinar alimentos, calefacción/refrigeración de espacios, calentamiento de agua, etc.), los factores de la VE mencionado por el autor son acceso, asequibilidad, la naturaleza y estructura del entorno construido del hogar, prácticas sociales y necesidades energéticas; las esferas de acción establece la posición del factor en relación a si afecta de manera interna o externa el hogar.

En Latinoamérica, desde la mirada interna del hogar, existen casos como el desarrollado en Uruguay, donde se ha orientado la VE a las diferencias espaciales dentro de un territorio urbano como Montevideo, mediante la construcción de un índice de vulnerabilidad energética a partir de la técnica de modelado estructural con factores socio-demográficos, introduciendo aspectos como tamaño del hogar, edad, sexo y ascendencia étnico-racial del

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

jefe(a) de hogar, así como el tipo de vivienda y el tipo de ocupación de la vivienda (Contreras, 2019).

En Chile se ha investigado mediante trabajo etnográfico, en la ciudad de Coyhaique, en la cual, se ha buscado establecer los usos socioculturales de la leña en hogares (Amigo, 2019). Otro estudio relacionado a la VE es el realizado por la Red de Pobreza Energética [RedPE] (A) en 2019 en la comuna de Renca, que mediante indicadores y participación logran la implementación de medidas de eficiencia energética en las viviendas y en la capacitación de los hogares en materia de educación energética.

A nivel internacional, desde la perspectiva externa del hogar, se ha generado un marco conceptual de los hogares privados de energía (Bouzarovski & Petrova, 2015). En Reino Unido se ha caracterizado la VE, a través de seis desafíos que enfrenta el fenómeno entre los cuales está la calidad de la estructura de la vivienda, costos de energía y problemas de suministro, estabilidad de los ingresos del hogar, relaciones de arrendamiento, relaciones sociales dentro y fuera del hogar y mala salud (Middlemiss & Gillard, 2015).

Con relación a la perspectiva exterior del hogar, esta es entendida como los factores externos y/o condicionantes que actúan sobre la vivienda. En Europa central y oriental se ha hecho una investigación que ha determinado que la VE es un fenómeno socio-espacial en evolución incrustado en múltiples capas de la institucionalidad y práctica organizacional (Bouzarovski *et al.* 2017). Por otro lado, en España, se ha hecho un trabajo más empírico que busca un indicador compuesto destinado a evaluar las diferencias territoriales de la VE en los hogares, mediante la cuantificación del fenómeno, resultando un mapa de la distribución espacial de la vulnerabilidad energética de los hogares en España (Murias *et al.* 2020).

En Latinoamérica, el enfoque ha sido centrado en los problemas estructurales del sistema energético, proveer energía continua y suministrar los servicios energéticos (Gutiérrez, 2019). En Argentina, se ha construido un indicador de vulnerabilidad energética (IVE), desde una perspectiva socio-energética tomando elementos tradicionales de Latinoamérica como la falta de acceso a energías (electricidad y gas), además de aspectos relevantes como materialidad, nivel educacional y trabajo (Durán & Condorí, 2021). En el caso de Chile la VE vista desde el exterior del hogar, no contempla investigaciones relacionadas a análisis de factores que sean externos al hogar a nivel nacional.

### **1.3.5.- Vulnerabilidad Energética Territorial (VET)**

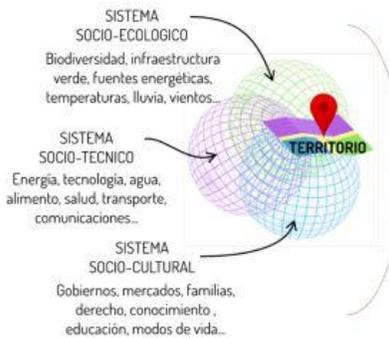
De lo dicho anteriormente sobre VE, la Red de Pobreza Energética enmarca el fenómeno dentro de un sistema territorial (véase figura N°1), donde se concibe el concepto territorio: como un *“conjunto de relaciones, procesos y dinámicas sociales producto de las comunicaciones de la sociedad situadas en un tiempo y un espacio”* (Red de Pobreza Energética, 2020. 10 p), la concepción de territorio se basa en tres aspectos, los cuales son socio-técnico, socio-ecológico y socio-cultural. El aspecto socio-técnico se aborda desde

## “Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

ámbitos como la energía, agua, tecnología, infraestructura, entre otros; Lo socio-ecológico consiste en infraestructura verde, biodiversidad, temperatura, precipitaciones, etc. Por último, lo socio-cultural es asociado a áreas como gobierno, familias, educación, modos de vida, entre otras cosas (Amigo, 2019; Red de Pobreza Energética, 2020).

La Vulnerabilidad Energética Territorial es definida como “*la propensión de un territorio genera condiciones de pobreza energética en los hogares a partir de sus condiciones climáticas, geográficas, económicas, institucionales, infraestructurales y socioculturales*” (Red de Pobreza Energética [A] 2019), también considera los impactos derivados de riesgos siconaturales provenientes de distintas amenazas (Amigo, 2019; Red de Pobreza Energética, 2020). En los siguientes puntos desde 1.3.5.1 a 1.3.5.4, se exhibirán detalles de los criterios que influyen en la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de isla de calor urbana.

**Figura N°1: Representación del Sistema Territorial**



Fuente: Amigo, 2019.

### 1.3.5.1.- Criterio Infraestructura

La infraestructura, dentro de la VET, está vinculada a las perspectivas de la calidad constructiva de la vivienda (Contreras, 2019) y la infraestructura eléctrica (Amigo, 2019).

La calidad constructiva de la vivienda se refiere a los materiales con los cuales fueron edificados y su estado, evaluando la materialidad de las paredes, el techo y el piso, asimismo elementos como la ventilación, humedad, luz solar, entre otros. La precariedad y el mal estado de los materiales son factores que afectan directamente en la vulnerabilidad energética, puesto que, por una parte, disminuyen el aislamiento y por otra la conservación del calor, lo que lleva a un mayor gasto para calefaccionar o refrigerar la vivienda (contreras, 2019).

La infraestructura eléctrica se observa desde tres puntos de vista, el primero es el acceso a la electricidad desde los hogares que no tienen acceso a la red eléctrica ni a otro medio independiente para la obtención de ella (Duran & Condorí, 2021). La segunda mirada es desde la infraestructura de lo que existe físicamente y cadena de abastecimiento “*extracción, transporte – almacenamiento, refinamiento – conversión, transformación –*

*distribución y uso final”* (Redpe, 2020. 14 p) y por último una tercera observación son las realizadas por Murias *et al.* (2020) que están ligada a las condiciones del mercado eléctrico tarifas, restricciones, entre otras.

La infraestructura está estrechamente relacionado a temas energéticos, ya que determina los niveles de vulnerabilidad a través de elementos internos ligados al hogar (Sánchez, 2018) como viviendas ineficientes, infraestructura energética, precio de la energía, entre otros (Contreras, 2019; Desvallées, 2021). Asimismo, este criterio desde la perspectiva territorial tiene directa relación con el aspecto socio-técnico vinculado a VET (Amigo, 2019; RedPE, 2020).

#### **1.3.5.2.- Criterio Socioeconómico**

El Criterio Socioeconómico visto desde la perspectiva de Fernández (2019) toma en consideración tres aspectos, los relativos a la población, economía y asistencia de necesidades. Dentro del primero evalúa el estado de la población por ejemplo la cantidad de habitantes, sexo, porcentaje de extranjeros, entre otros; y además vislumbra el nivel educativo de los habitantes mediante porcentaje de población con estudios universitarios. Otros autores como Duran & Condorí (2021) toman de referencia el nivel educativo del jefe(a) de hogar. Desde lo económico Fernández (2019) considera los siguientes puntos de evaluación ingresos, nivel de desempleo, Duran & Condorí (2021), en lo económico, ven lo referente al trabajo y jubilación; y por último basado en la asistencia de necesidades evalúa las asistencias de parte del Estado a las familias (Fernández, 2019).

El Criterio Socioeconómico está directamente relacionado a la pobreza energética y vulnerabilidad energética, pues se enlazan a los atributos del individuo y a la situación interna del hogar (Sánchez, 2018) con la situación social y económica a través de características como familias, educación y situación monetaria, entre otras características; sumado a lo anterior, también el Criterio Socioeconómico tiene una vinculación a VET desde el aspecto socio-cultural señalado por Amigo (2019) y RedPE (2020).

#### **1.3.5.3.- Criterio Climático**

Lo climático en VET se asocia a los impactos sobre el sistema socio-técnico (Red de Pobreza Energética, 2020). Ante la amenaza de ICU, se consideran variables como distancia al mar, áreas verdes (distribución, cantidad y calidad), temperatura urbana (Sarricolea & Romero, 2010; Smith & Romero, 2016; Letelier, 2020).

La distancia al mar en ciudades costeras tiene una importancia relevante ya que regula la temperatura y favorece la circulación de los vientos, atrayéndolos desde el mar a la ciudad durante el día y a la inversa en la noche (Sarricolea & Romero, 2010; Williams, 2019). Las áreas verdes tienen la capacidad de reducir el tamaño e intensidad de la ICU, además del control de contaminantes y producción de sombra (Smith & Romero, 2016; Letelier, 2020), en las áreas verdes se utilizan indicadores como NVDI (Williams, 2019). La temperatura urbana se concentra en las zonas centrales más que en las periferias (Sarricolea & Romero,

2010). También la temperatura determina diferencias por sectores geográficos y simultáneamente muestra las condiciones térmicas, que con temperaturas extremas impulsan los niveles de consumo de energías (Murias *et al.* 2020).

El Criterio Climático se considera importante, porque establece los servicios y necesidades energéticas requeridas para la vivienda en determinado tipo de clima (Ochoa & Graizbord, 2016), igualmente este criterio corresponde a lo que trasciende más allá del hogar o lo externo a este (Sánchez, 2018; Amigo, 2019; Desvallées, 2021). En concreto con VET, se asocia desde la óptica socio-ecológico del territorio, puesto que aborda elementos como infraestructura verde, temperatura y demás, para observar vulnerabilidades (Amigo, 2019; RedPE, 2020).

#### **1.3.5.4.- Criterio Geográfico**

De los factores geográficos relevantes ante una amenaza de ICU, se hallan la topografía de la ciudad (pendientes), exposición solar y altura de las edificaciones (Sarricolea & Romero, 2010; Williams, 2019; Letelier, 2020; Rodríguez, 2021).

La topografía de la ciudad es asociada a la pendiente pues se han encontrado relaciones con la distribución de la temperatura, ya que estas se intensifican al interior de las ciudades, debido al poco dominio de los vientos (Williams, 2019). La exposición respecto del sol se relaciona con la carga de energía solar en la superficie tomando de referencia los ocho puntos cardinales [N, NE, E, SE, S, SO, O, NO] (Sarricolea & Romero, 2010), en la vivienda influye en la radiación recibida y en el sobrecalentamiento de esta (Rodríguez, 2021) y tiene relación directa con el confort térmico y la energía consumida (Castillo *et al.* 2019). La altura de las edificaciones varían, se distribuyen y captan el sol de manera desigual al interior de la ciudad (García *et al.* 2014; Letelier, 2020).

El Criterio Geográfico, al igual que el climático, están ligadas a lo energético y al territorio en particular a estudiar (Urquiza & Bili, 2020). Desde la VE se asocia a lo que trasciende externamente al hogar (Sánchez, 2018); y referido a VET, se relaciona al aspecto socio-ecológico del territorio (Amigo, 2019; RedPE, 2020), ya que permite vislumbrar vulnerabilidades y peculiaridades del territorio.

Los criterios antes señalados, Infraestructura, socioeconómico, climáticos y geográficos componen en gran medida la condición de Vulnerabilidad Energética Territorial que pueda existir, pues abordan en casi la totalidad del fenómeno desde lo planteado por Sánchez (2018) y Desvallées (2021) en lo interno (infraestructura y socioeconómico) y externo (climático y geográfico) del hogar. Igualmente, los cuatro criterios tienen correspondencia con los aspectos del territorio (socio-técnico, socio-ecológico y socio-cultural) establecidos para la VET (Amigo, 2019; RedPE, 2020). Sin embargo, existen otros factores que mirado desde otra perspectiva se optaría por considerarlos como el factor institucional, genero, político y cultural. Dependiendo de la orientación de la investigación y de la amenaza, destacan unos elementos u otros factores que explican VET, no obstante, estos factores

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

continuarían evidenciando los grados de vulnerabilidad que está presente en un determinado territorio.

#### **1.4.- Área de Estudio**

En Chile se reconocen siete macrozonas climáticas, de acuerdo con los criterios definidos por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>, criterios que provienen del Atlas del Agua, DGA 2016 y la mesa de expertos del proyecto (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2018).

Las macrozonas climáticas (véase anexo N°4) resultantes son:

Zona 1: Altiplano-Chile (18 - 25° S) // Zona 2: Norte Grande (18 - 26° S)

Zona 3: Norte Chico (26 - 32° S) // Zona 4: Chile Central (32 - 36° S)

Zona 5: Zona sur (36 - 44° S) // Zona 6: Patagonia Norte (44 - 51° S)

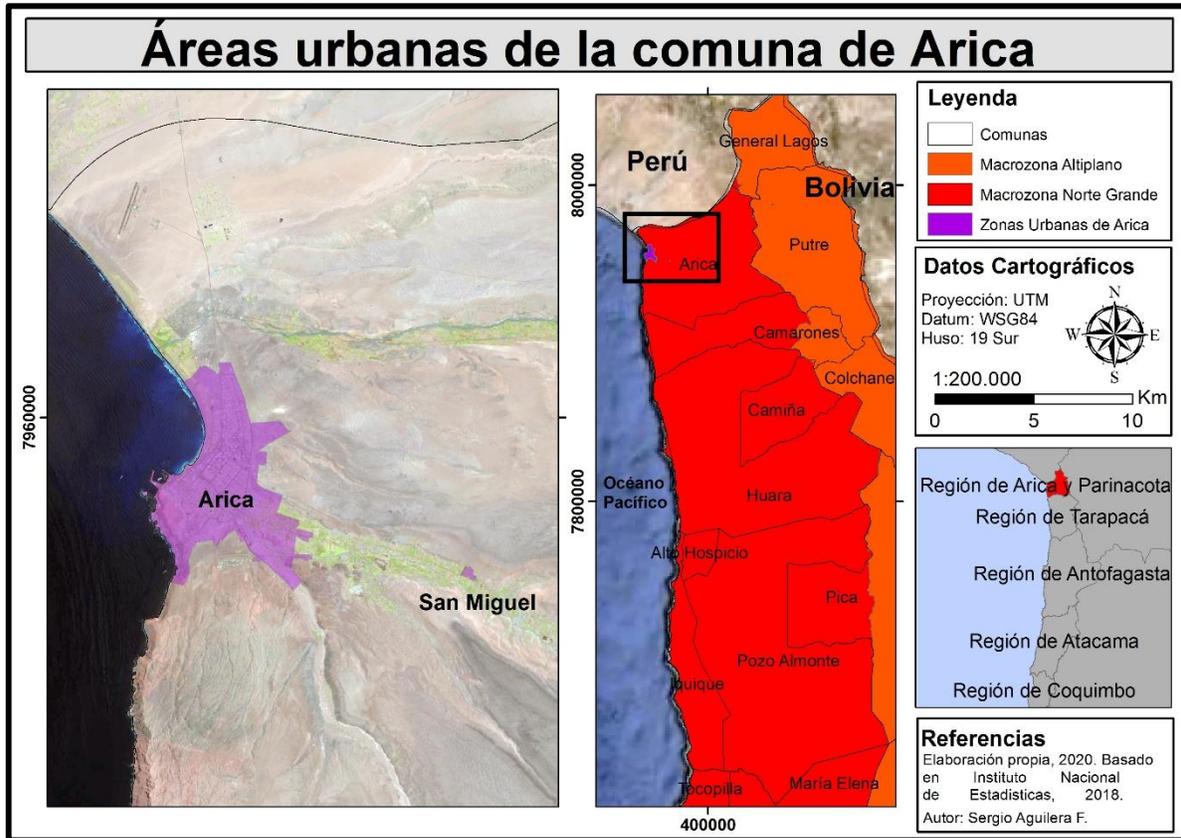
Zona 7: Patagonia Sur (51 - 55° S)

La Macrozona Norte Grande se extiende entre las latitudes 18° y 26° S (véase figura N°2), hallándose las regiones político-administrativas de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. Tiene una superficie de 122.051,8 km<sup>2</sup> (Instituto Geográfico Militar [IGM], 2008) y en este territorio viven 972.639 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2017).

La Macrozona Norte Grande se compone de 14 comunas, con un alto nivel de población viviendo en áreas urbanas, una de las comunas de mayor población urbana es la comuna de Arica, con un 92,6% de habitantes urbanos (INE, 2017).

La comuna de Arica se localiza en la región de Arica y Parinacota, en la Macrozona Norte Grande. La comuna presenta una superficie 4.799,4 km<sup>2</sup> (IGM, 2008) y una población de 221.364 habitantes (INE, 2017) en dos asentamientos clasificados como urbanos, la Ciudad de Arica (Capital regional y provincial) y el pueblo de San Miguel de Azapa (véase figura N°2).

Figura N°2: Áreas urbanas de la comuna de Arica

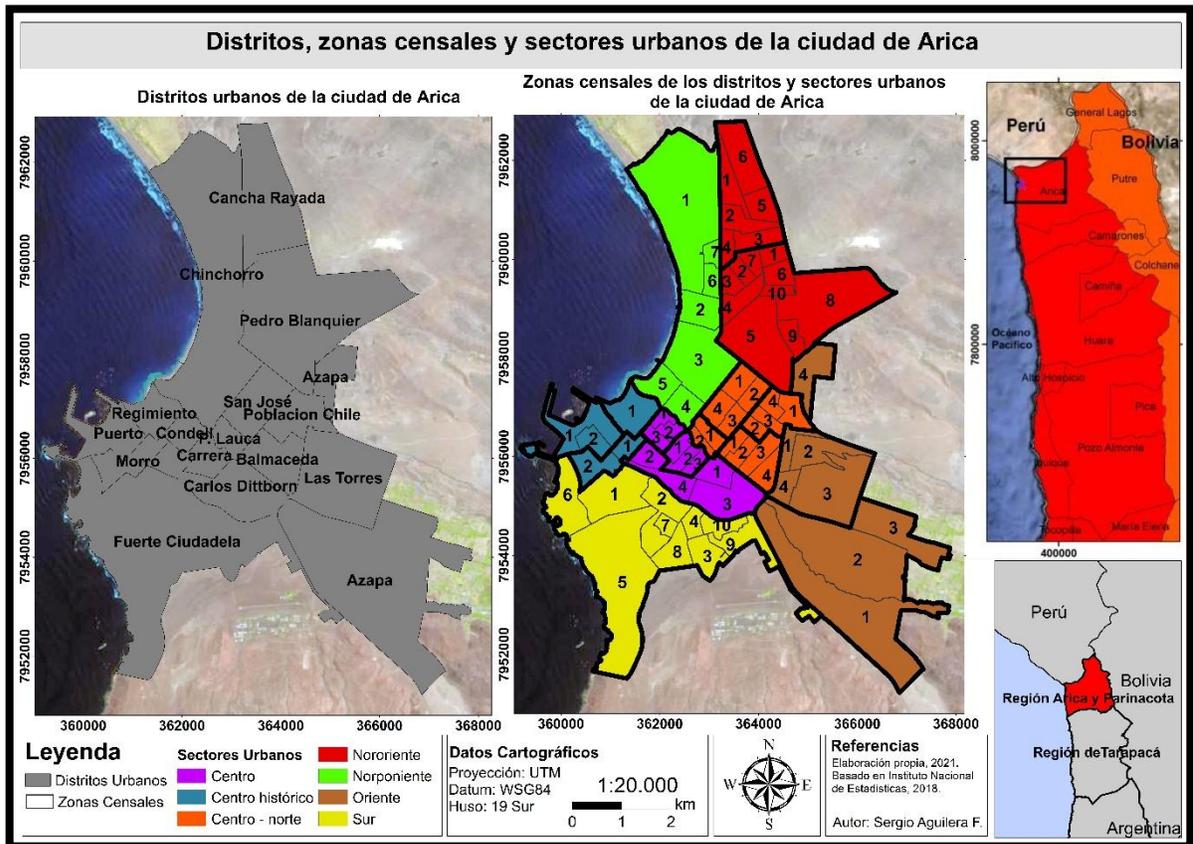


Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en INE, 2017 y Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2018.

La ciudad de Arica se distribuye en 16 distritos, los cuales se dividen en 70 zonas censales (véase figura N°3). Los distritos que poseen más cantidad de zonas censales son hallados en la periferia de la ciudad (sector norponiente, nororiente y sur) como Fuerte Ciudadela [10 zonas censales], Pedro Blanquier [10 zonas censales], Chinchorro [7 zonas censales], Cancha Rayada [6 zonas censales]; en los sectores central, centro-norte y oriente, predominan los distritos con 4 zonas censales [Azapa, Carlos Dittborn, J. M. Balmaceda, Las Torres, Población Chile y San José], en los mismos sectores señalados existen dos distritos Condell y J. M. Carrera que tienen 3 zonas censales y Parque lauca que posee 2 zonas censales. En el centro histórico se encuentran los distritos de Puerto y El Morro 2 zonas censales cada uno, y por último Regimiento cuenta con 1 zona censal.

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°3: Distritos, zonas censales y sectores urbanos de la ciudad de Arica

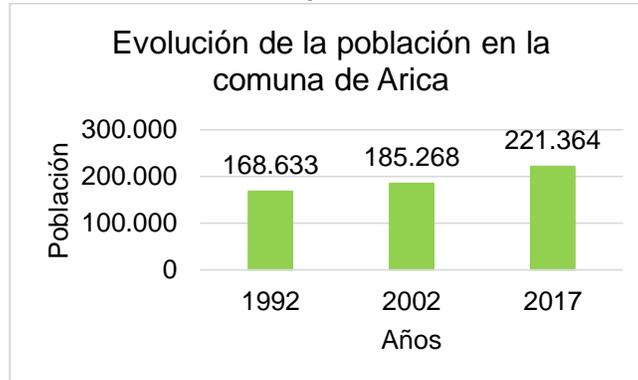


Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en INE, 2017.

1.4.1.- Características Sociales, Urbanas y Económicas

La comuna de Arica ha experimentado un constante crecimiento de la población desde 1992 a la fecha, durante el periodo censal 2002 – 2017, tuvo una variación poblacional de 19,48%, lo que se traduce en un aumento de 36.096 habitantes (véase gráfico N°1).

Gráfico N°1: Evolución de la población en la comuna de Arica

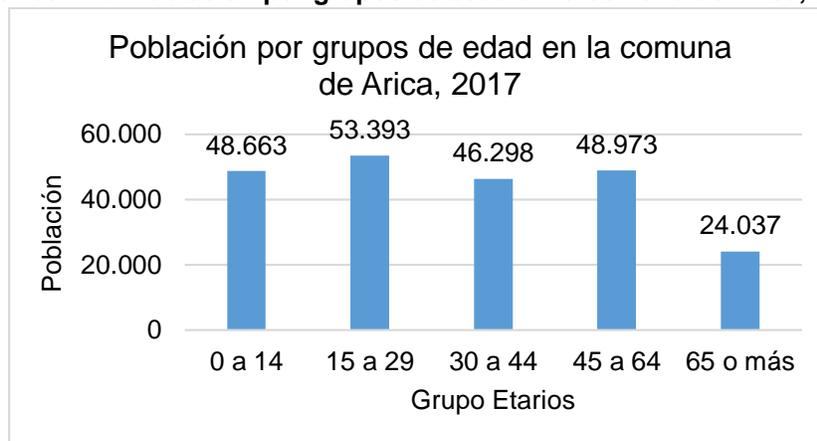


Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en Biblioteca del congreso nacional [BCN], 2017.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Del total de población registrada en la comuna de Arica en el Censo 2017, el 50,58% (111.975 habitantes) son mujeres y el 49,42% (109.389 habitantes) son hombres. En relación a los grupos etarios, predominan tres grupos que concentran el 68% de la población, el grupo de 15 a 29 años (24,12%) es el más populoso de la comuna, seguido por el grupo de 45 a 64 años (22,12%) y, por último, el grupo de 0 a 14 años que representa el 21,98% (véase gráfico N°2). El 34,28% de la población (75.883 habitantes) declaró pertenecer a algún pueblo originario, siendo el pueblo Aymara el que tiene mayor presencia en la comuna de Arica con 25,67% (56.827 habitantes), le sigue el pueblo Mapuche con 7.690 habitantes que representan un 3,47% (BCN, 2017).

**Gráfico N°2: Población por grupos de edad en la comuna de Arica, 2017**

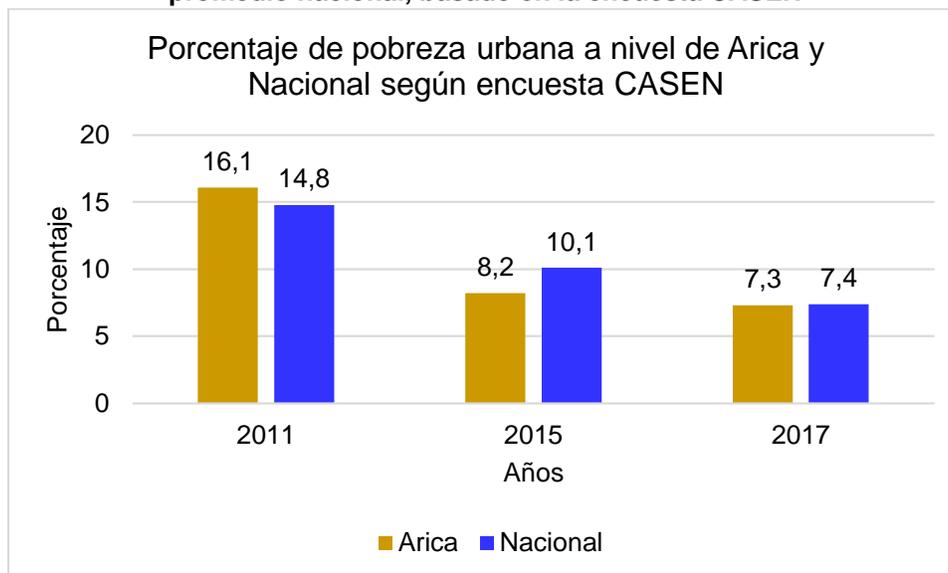


*Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en Biblioteca del congreso nacional [BCN], 2017.*

La comuna de Arica se caracteriza por ser urbana, ya que concentra el 92,6% (204.983 habitantes) de la población en las dos ciudades y solo 7,4% (16.381 habitantes) vive en áreas rurales (INE, 2017). La zona urbana de mayor importancia corresponde a la ciudad de Arica (Lat: 18° 47' Sur Long: 70° 32' Oeste) la cual tiene una población de 202.131 habitantes y 65.674 viviendas (INE, 2017) en una superficie de 43,5 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 0,91% del área comunal (véase figura N°2).

Dentro del aspecto social, un ámbito relevante es la pobreza, la cual se define como *“aquellos hogares cuyos ingresos son insuficientes para satisfacer las necesidades básicas, alimentarias y no alimentarias de sus miembros”* (Saa-Vidal et al. 2018). En Chile la pobreza se mide mediante la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), y la proporción de población urbana en condición de pobreza en la comuna de Arica ha tenido una disminución de un 8,8% entre los años 2011 – 2017, mientras que a nivel nacional solo se redujo la pobreza urbana en un 7,4% para el mismo periodo (véase gráfico N°3). En la última encuesta CASEN de 2017, Arica presenta un 7,3% de pobreza urbana, la cifra más alta respecto de las ciudades capitales de la macrozona Norte Grande. En otro aspecto, el hacinamiento general de los hogares en la comuna de Arica llega al 18,3% (BCN, 2017).

**Gráfico N°3: Porcentaje de pobreza urbana en la comuna de Arica comparado con el promedio nacional, basado en la encuesta CASEN**



*Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en Saa-Vidal et al. 2018.*

En cuanto a educación, en la comuna de Arica se declaró que asiste a la educación formal un 33,57% (72.489 personas) del total de habitantes, un 62,35% (134.647 personas) ha señalado no asistir a la educación formal, mientras que un 4,08% (8.815 personas) nunca ha asistido a la educación formal (INE, 2017). Basado en los datos de las personas que asisten y las que no asisten a la educación formal (207.136 personas), un 7,39% tiene como curso más alto aprobado la educación preescolar, un 25,17% posee como curso más alto aprobado la educación básica, el 44,34% ha mencionado que el curso más alto aprobado se encuentra en la educación media, un 22,65% tiene como curso más alto aprobado la educación superior y por último el 0,45% aprobó un curso dentro de la educación especial o diferencial (INE,2017).

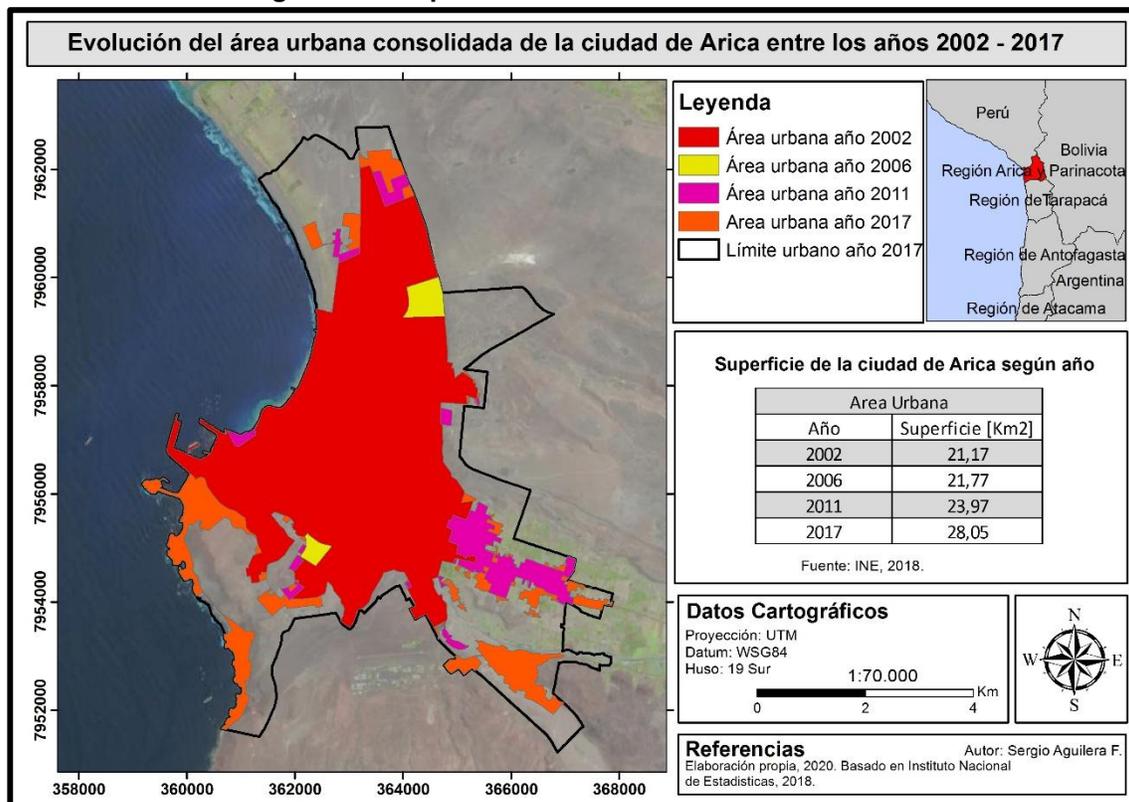
La comuna de Arica, además de tener una localización estratégica, ha sido históricamente un lugar de flujos migratorios, desde el periodo prehispánico hasta hoy, la condición internacional que tiene Arica es por su proximidad a los países andinos, tales como: Bolivia y Perú. La cercanía a importantes núcleos urbanos de los países mencionados, Arica se encuentra a una distancia relativamente cerca de dos ciudades peruanas, Arequipa [425 km, aproximadamente 6 h vía terrestre], Tacna [60 km; 1 h] y de la capital boliviana, La Paz que se encuentra a 442 km [a 10 h vía terrestre] (Vicuña & Rojas, 2015). Relacionado a estos flujos migratorios según el Censo 2017 del INE, se consta que en la comuna solo el 35% de la población residente tiene una procedencia de un país extranjero. Siendo las personas de origen boliviano el grupo de mayor tamaño en Arica con 42,5% del total de población migrante, seguido de nacionalidad Peruana con 41,6% y, por último, la población de origen Colombiana 5,5% (INE, 2017).

## “Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

La ciudad de Arica se fundó en Abril de 1541, localizando su centro histórico en la ladera del Morro, tras varios auges en el desarrollo económico principalmente relacionado a la actividad portuaria, hacia el año 1870 el crecimiento urbano de la ciudad era lento, ocupando para entonces una cuadrícula de 7 x 8 manzanas (Cámara Chilena de la Construcción [CChC], 2011). Con la Guerra del Pacífico (1879 - 1883), se produjo una disminución de la población residente. Una vez terminada la Guerra, la actividad salitrera volvió a resurgir atrayendo nuevamente población a la zona. Además, hitos mundiales produjeron una disminución poblacional en los inicios del siglo XIX como lo fue la Primera Guerra Mundial (1914 - 1918), y el surgimiento del salitre sintético (1913) y la depresión de 1930 (I. Municipalidad de Arica, 2016).

Una medida económica que impulsó fuertemente su crecimiento urbano fue la declaración de puerto libre en 1953 (CChC, 2011), tras la medida económica antes señalada, en los años 50's y 70's la ciudad de Arica tuvo un crecimiento extensivo (Torrent, 2019). El crecimiento orgánico de Arica tiende a un desarrollo urbano hacia el área norte en 1992 y posteriormente la ampliación urbana en el año 2002 se observa una expansión de la mancha urbana hacia el valle del río San José, consolidándose un proceso de urbanización de la zona baja del valle (véase figura N°4).

Figura N°4: Expansión urbana de la ciudad de Arica

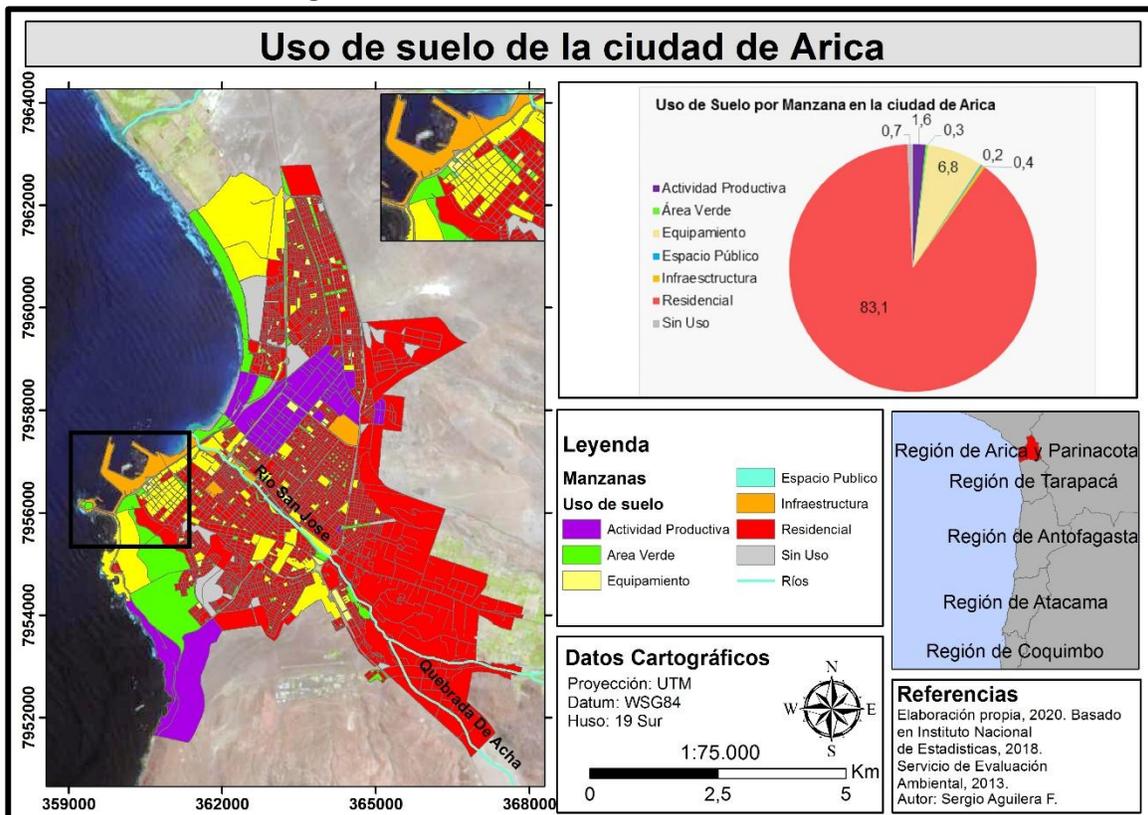


Fuente: Elaboración propia, 2020; en INE [C] (2018).

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Esta expansión urbana, se propicia principalmente para los “*usos residenciales e industriales*” (Azócar *et al.* 2008; en Salinas & Pérez, 2011. 82 p). Arica posee 2.679 manzanas en la actualidad (véase figura N°5), de las cuales, un 83,1% corresponde al uso “residencial” y este uso se presenta en casi toda la ciudad, localizándose principalmente en el área norte y este de Arica. El uso del suelo está clasificado como “equipamiento” que representa un 6,8% de las manzanas y está disperso a lo largo de toda la ciudad, concentrándose en el centro histórico de la urbe. Las zonas de “actividad productiva” se sitúan en el sector centro-norte, norponiente, nororiente y sur de la ciudad, esto equivale a un 1,6% de las manzanas totales. Las otras cuatro clasificaciones (área verde, espacio público, infraestructura y sin uso) de uso de suelo corresponden a un 1,6% y se encuentran en toda la ciudad.

**Figura N°5: Uso de Suelo en la Ciudad de Arica**



Fuente: *Elaboración propia, 2020; basado en Clasificación del Servicio de Evaluación Ambiental [SEA], 2013.*

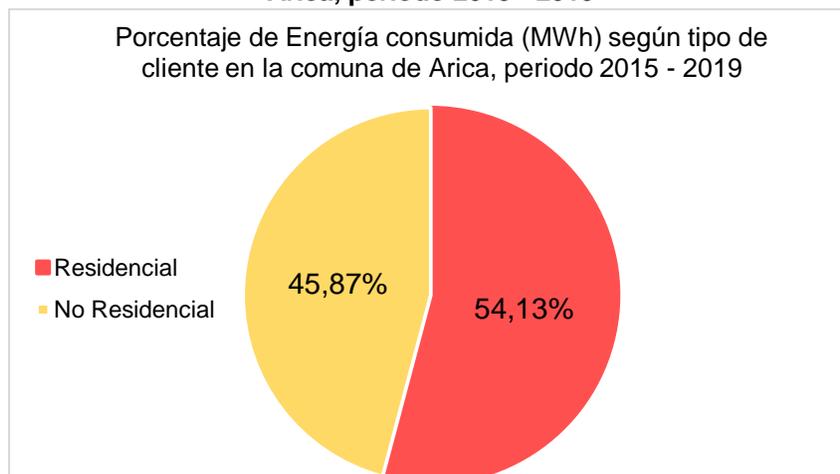
En relación con lo económico, la ciudad de Arica históricamente ha tenido la pesca y el puerto como los únicos motores de su economía. En los años 90 y acercándose al presente siglo, el desarrollo de Arica se ha canalizado hacia la actividad turística, lo que impulsa el sector de la construcción y servicios (Soza-Amigo & Correa, 2014).

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

La situación laboral de la comuna de Arica, de acuerdo con los datos del Censo 2017, señala que el 57% (95.778 personas) de los habitantes declaro tener trabajo, de los cuales se desglosan de la siguiente forma, un 10% se desempeña en el sector primario, el 5% en el sector secundario y un 85% en el sector terciario (INE, 2017). Los rubros económicos que mayor cantidad de trabajadores poseen es el comercio al por mayor y menor (7.925 personas), construcción (7.252 personas), enseñanza (6.129 personas), administración pública (5.614 personas), entre otras áreas (Servicio de Impuesto Internos, 2016; en BCN, 2017).

La matriz de abastecimiento energético de la comuna de Arica y la región no cubre la demanda requerida, por lo tanto, el abastecimiento mayoritario proviene de las “*plantas termoeléctricas ubicadas en la región de Antofagasta y que llegan a través de dos líneas de transmisión*” (I. Municipalidad de Arica, 2016. 227 p). La comuna de Arica tiene una demanda eléctrica promedio de 45 MW (I. Municipalidad de Arica, 2016), en el periodo 2015 – 2019, la energía total proporcionada a Arica fue de 1.451.644,1 MWh, de los cuales el Cliente Residencial consumió un 54,13% de la energía de la comuna y los Clientes No Residenciales 45,87% (véase gráfico N°4).

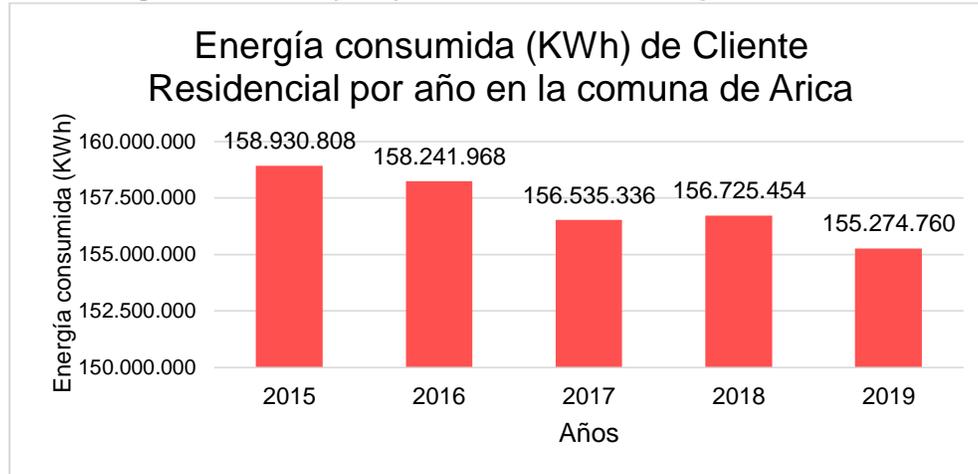
**Gráfico N°4: Porcentaje de Energía consumida (MWh) según tipo de cliente en la comuna de Arica, periodo 2015 - 2019**



*Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en Comisión Nacional de Energía [CNE], 2020.*

En relación al consumo de energía eléctrica en la comuna de Clientes Residenciales ha tenido un descenso permanente en el periodo 2015 -2019 (véase gráfico N°5), respecto de una variación anual, el consumo 2015 – 2016 se redujo un 0,1%, 2016 - 2017 disminuyó un 1,1%, 2017 - 2018 aumento el consumo en un 0,1% y la variación anual 2018 – 2019 bajo un 0,9%. Estas variaciones pueden relacionarse con programas enfocados en educar y concientizar sobre energía y consumo eléctrico, un ejemplo de los primeros corresponde a la instalación de paneles solares a nivel domiciliario (I. Municipalidad de Arica, 2016) o el programa “con buena energía” que se focaliza en “*impulsar la eficiencia energética en los diversos consumidores de energía*” (Ministerio de Energía, 2018).

Gráfico N°5: Energía consumida (kWh) de Cliente Residencial por año en la comuna de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en CNE, 2020.

#### 1.4.2.- Características Físicas y Climáticas

La ciudad de Arica en gran medida se sitúa sobre la planicie fluviomarina y solo la zona Sur de Arica [sector del Morro de Arica] se halla en el farellón costero (Börgel, 1983; en IGM, 2008), las unidades geomorfológicas antes mencionadas, tiene su desarrollo durante dos Eras geológicas diferentes, la planicie fluviomarina corresponde a la Era Cenozoica; en el sector nororiental de la ciudad existen secuencias sedimentarias del periodo Neógeno. En la parte Norte y Centro de la urbe hay secuencias sedimentarias del periodo Cuaternario; la zona Sur de la ciudad (sector del Morro) se originó durante la Era Mesozoica, más preciso en el periodo Jurásico y sus secuencias son volcánicas (SERNAGEOMIN, 2003), (véase figura N°7).

La ciudad se desarrolla contigua a la desembocadura de dos cuencas fluviales de tipo exorreica, la cuenca del río San José y río Lluta, el primer río tiene su trayecto por el medio de la ciudad y este transcurre de Este a Oeste, este río en los “meses estivales del invierno altiplánico -entre diciembre y marzo- logra alcanzar [...] el mar con un caudal en forma de torrente aluvional” (Campos *et al.* 2007) y en el sector norte de la ciudad se halla la desembocadura del río Lluta, el cual posee un escurrimiento de Este a Oeste y un caudal 1,4 m<sup>3</sup>/s (DGA, 2016). Asimismo, la urbe se localiza junto al Océano Pacífico que en esta zona alcanza una temperatura superficial promedio de 17,1°C (Servicio de Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada [SHOA], 2014), el oleaje que llega a la costa de Arica presenta una dirección del Suroeste (Paskoff en Díaz-Naveas & Frutos, 2010). En el entorno urbano Arica cuenta con seis playas, entre ellas, está El Laucho, La Lisera, Las Machas, Chinchorro, Arenillas Negras y Brava (véase figura N°7).

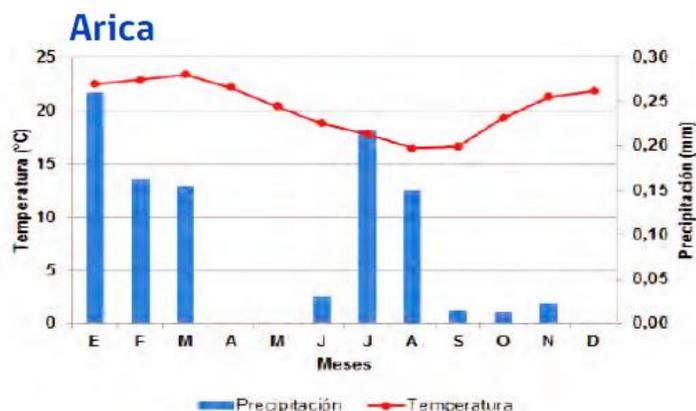
##### 1.4.2.1.- Climatología

La ciudad de Arica, en términos climáticos, se caracteriza por poseer un “clima extremadamente árido, con bajas tasas de precipitación anual y una baja humedad atmosférica” (Garreud, 2011; en Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2016. 14

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

p); en base a la clasificación climática establecida por Köppen – Geiger, Arica se cataloga con clima de tipo “desierto cálido” [BWh] (Sarricolea *et al.* 2016), (véase figura N°7). La ciudad, en relación a los elementos del clima, tiene una “temperatura media anual de 19,9°C con una máxima media de los meses cálidos (enero-febrero) de 22,7°C y una mínima del mes más frío (julio) de 16,2°C” (INIA, 2016. 20 p). Las precipitaciones se concentran en los meses de enero – marzo y julio, siendo 0,25 mm en Enero (véase figura N°6). La velocidad media del viento promedio en el mes de enero está en el rango 3 – 4 m/s y en julio se encuentra en la categoría 0 – 3 m/s. En relación a la humedad relativa, Arica en el mes de Enero esta categorizado en el rango de 60% a 70% humedad y para el mes de julio se localiza en el rango de 70% a 80% humedad relativa. Respecto a la radiación global de Arica se hallan los categorías 20 – 24 (MJ/m<sup>2</sup> día) en Enero y 12 – 14 (MJ/m<sup>2</sup> día) Julio (INIA, 2016).

**Figura N°6: Climograma de la ciudad de Arica**

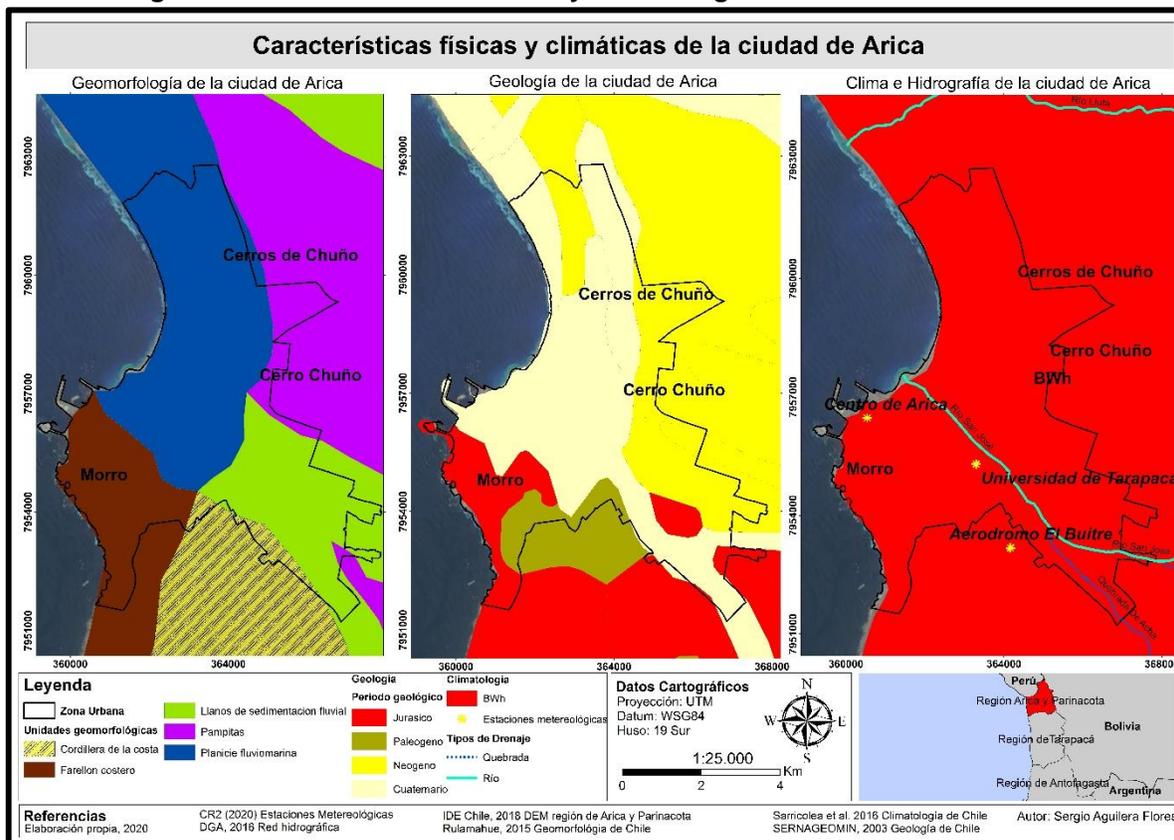


Fuente: INIA, 2016.

Arica dispone de cuatro estaciones meteorológicas, de las cuales tres estaciones (Centro de Arica, Universidad de Tarapacá y Aeródromo El Buitre) se ubican en la ciudad (véase figura N°7) y una estación meteorológica se halla a 14 kilómetros al Norte del centro histórico (Aeropuerto de Chacalluta), durante el periodo 1981 – 2010, se ha registrado una temperatura promedio diaria de 20,8°C en la Universidad de Tarapacá, 19,8°C en el Aeródromo El Buitre y 19°C en el Aeropuerto de Chacalluta (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>, 2019). En promedio anual de precipitaciones medidos es 1,6 mm [Aeropuerto de Chacalluta] entre los años 1981 – 2010 (Dirección Meteorológica de Chile [DMC], 2020).

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°7: Características Físicas y Climatológicas de la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

## **1.5.- Objetivos**

### **1.5.1.- Objetivo General**

Analizar las áreas que se encuentran en Vulnerabilidad Energética Territorial (VET) en la ciudad de Arica en la actualidad.

### **1.5.2.- Objetivos Específicos**

- 1) Identificar los sub-criterios internos de un hogar en la ciudad de Arica mediante los criterios socioeconómico y de infraestructura vinculados a la VET.
- 2) Determinar los sub-criterios externos de un hogar de Arica a través de los criterios climático y geográfico relacionados a la VET.
- 3) Establecer las áreas de VET en la ciudad a una escala de zona censal.

## CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

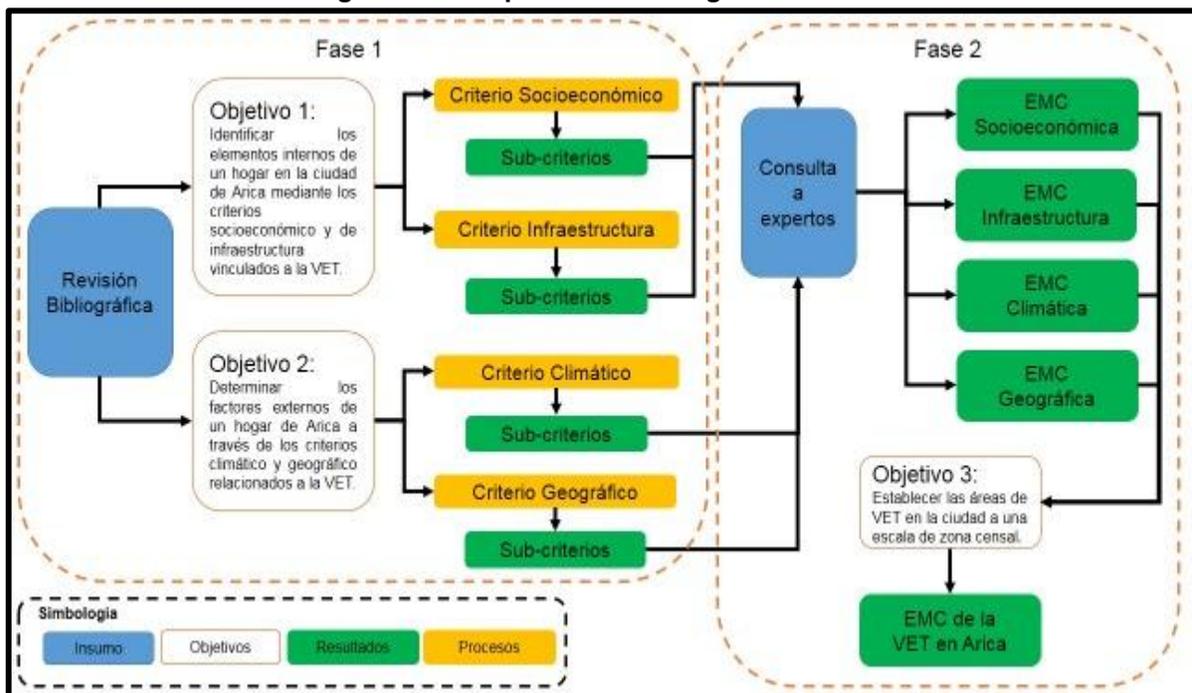
### 2.1.- Metodología General

El análisis de la situación de Vulnerabilidad Energética Territorial en Arica se realizó mediante un estudio de tipo exploratorio y el enfoque de estudio es cuantitativo. En esta investigación sobre la VET frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica se llevó a cabo en dos fases (véase figura N°8).

La “Fase 1”, primeramente, incluyó una revisión bibliográfica de fuentes primarias que investigan la VET a nivel internacional y nacional, logrando determinar los criterios y sub-criterios para analizar intrínsecamente la VET, con ello luego, se estructuraron los criterios y sus respectivos sub-criterios conforme al sustento teórico de Sánchez (2018). En la “Fase 1” también, se ejecutaron los Objetivos Específicos N°1 y N°2 mediante el desarrollo de cada sub-criterio, los cuales expresaron las diferencias territoriales internas de la ciudad en una escala de zonas censales (véase figura N°8).

En la “Fase 2” se llevó a cabo una consulta a expertos mediante una “encuesta” (véase anexo N°8), la que sirvió de insumo para llevar a cabo las evaluaciones multicriterio (EMC) intermedias que corresponde a los criterios socioeconómico, infraestructura, climática y geográfica de VET, estas EMC intermedias permitieron la elaboración de la Evaluación Multicriterio final que establece las zonas de VET en Arica, la cual corresponde al Objetivo Específico N°3 (véase figura N°8).

Figura N°8: Esquema Metodológico General



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 2.2.- Pasos Metodológicos

A continuación, se describirá el desarrollo de los Objetivos Específicos a través de los criterios y sub-criterios planteados por diferentes autores que han investigado la VET, en esta investigación se usó la estructura teórica de Sánchez (2018), la cual expresa que las condiciones externas e internas afectan un hogar propiciando una situación de VET, para la organización de los criterios y sub-criterios.

### 2.2.1.- Objetivo Específico N°1

El objetivo N°1 representa la situación interna de los hogares de la ciudad de Arica, situación que se evidencia mediante el Criterio Socioeconómico y Criterio de Infraestructura. Este objetivo tiene un carácter cuantitativo, obteniendo los datos desde una fuente de información primaria como es el Censo 2017 y CNE, los datos se emplearon a una escala de zona censal en los softwares Excel, Redatam 7 y Arcmap 10.6. (Véase figura N°9).

#### 2.2.1.1.- Criterio Socioeconómico

En el Criterio Socioeconómico se aplicaron 6 sub-criterios, que se agruparon en tres dimensiones económica, educación y social. Dentro de los sub-criterios se utilizaron indicadores y tasas como Dependencia Demográfica, Densidad Poblacional, Hacinamiento, Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar, Tasa de Persona que Nunca Asistieron a la Educación Formal (TNA) y Tasa de Personas con Estudio Superior (TES) (véase tabla N°1).

**Tabla N°1: Criterio Socioeconómico**

<b>Criterio</b>	<b>Dimensión Territorio</b>	<b>Sub-criterio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>S O C I O E C O N Ó M I C O</b>	Económica	Dependencia Demográfica	Condición económica	Manzano & Velásquez (2010)
		Densidad Poblacional	Concentración de población	Instituto Nacional de Estadísticas (2019)
	Social	Hacinamiento	Nivel de vulnerabilidad	Ministerio de desarrollo social y familia (2014)
	Educación	Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar	Máximo nivel educativo	Durán & Condorí (2021)
		Tasa de Persona que Nunca Asistieron a la Educación Formal (TNA)	Total de personas sin educación	Fachelli & López - Roldán (2017)
		Tasa de Personas con Estudio Superior (TES)	Total de personas con educación superior	Fachelli & López - Roldán (2017)

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

Dentro del aspecto económico del Criterio Socioeconómico de la VET, está el índice de **Dependencia Demográfica**, el que consiste básicamente en tratar a la población en dos bloques, uno inactivo o dependiente y otro activo e independiente (Manzano & Velásquez,

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

2010); por lo que se aplica una división entre la población inactiva [grupo de 0 – 14 años, y grupo de 65 y más años] y activa [grupo de 15 – 64 años]. Este sub-criterio expresa las condiciones económicas de la población evaluada (*Idem*), por ejemplo, a menor resultado mejor condición económica.

**Fórmula de Dependencia Demográfica:**

$$Dependencia\ Demográfica = \frac{((Grupo\ de\ 0 - 14\ años) + (Grupo\ de\ 65\ y\ más))}{(Grupo\ de\ 15 - 64\ años)}$$

El sub-criterio de Dependencia Demográfica reflejo en las zonas censales de Arica las diversas situaciones económicas. En el desarrollo del sub-criterio, primero se extrajo la edad de los individuos por zona censal para los bloques de los activos e inactivos desde el diccionario del Censo 2017 a través del software Redatam 7, luego desde el Excel junto al shapefile se realizó un “Join” con los datos extridos y posteriormente en la tabla de atributos del shapefile se aplicó la fórmula de Dependencia Demográfica con los datos respectivos, finalmente se realizó la cartografía del sub-criterio en el software arcmap 10.6.

Un segundo sub-criterio usado es **Densidad Poblacional**, el que se define como “*un indicador que permite saber cuánta población habita en una zona territorial*” (INE [A], 2019). En el caso de Arica, debido a las dimensiones de la ciudad se utilizó como medida de superficie los metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Fórmula de Densidad Poblacional:**

$$Densidad\ Poblacional = \frac{N^{\circ}\ de\ habitantes}{Superficie\ (m^2)}$$

La Densidad Poblacional evidencio las diferentes concentraciones de población en las zonas censales de la ciudad de Arica. En la realización del sub-criterio primero se introdujo la base de datos del diccionario del Censo del año 2017 al Redtam 7, segundo se exploraron los datos de total de población por zona censal para la zona urbana de Arica, tercero los datos obtenidos desde el diccionario del Censo fueron traspasados al Excel, desde donde se utilizó la herramienta “Join” para unir la plantilla de Excel con el shapefile y luego se empleó la formula en la tabla de atributos del shapefile con las medidas de superficie respectiva; y en una cuarta instancia se espacializó el sub-criterio en un diseño cartográfico mediante el programa Arcmap 10.6.

En la dimensión social del Criterio Socioeconómico de la VET, se evalúa el sub-criterio de **Hacinamiento**, el cual se define como la “*razón entre el número de personas residentes en la vivienda y el número de dormitorios de la misma*” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2014).

**Fórmula del Índice de Hacinamiento:**

$$\text{Hacinamiento} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de habitantes}}{\text{N}^{\circ} \text{ de habitaciones exclusivas como dormitorios}}$$

La clasificación de los resultados del índice de Hacinamiento (véase tabla N°2) está dado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

**Tabla N°2: Clasificación del Hacinamiento**

Personas por dormitorio	Tipo de Hacinamiento
2,4 y menos	Sin Hacinamiento
2,5 – 4,9	Hacinamiento Medio
5 y más	Hacinamiento crítico

*Fuente: Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2014.*

En el caso de Arica, se usaron los datos disponibles del Censo 2017 y se aplicó el índice de Hacinamiento obteniendo valores que van desde 2,86 hasta 4,422 habitantes por dormitorio, estos resultados pertenecen a la categoría de Hacinamiento Medio según el Ministerio de Desarrollo Social y Familia, finalmente se reclasifico el hacinamiento medio en cinco rangos (véase tabla N°3), los cuales se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla N°3: Reclasificación del Hacinamiento Medio**

Tipo de Hacinamiento	Personas por dormitorio	Reclasificación del Hacinamiento
<b>Hacinamiento Medio</b>	2,500 – 2,980	Hacinamiento Medio (muy bajo)
	2,981 – 3,460	Hacinamiento Medio (bajo)
	3,461 – 3,940	Hacinamiento Medio (medio)
	3,941 – 4,42	Hacinamiento Medio (alto)
	4,420 – 4,900	Hacinamiento Medio (muy alto)

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

Tras la aplicación de lo descrito anteriormente para el sub-criterio de Hacinamiento, se obtuvieron los diferentes grados de Hacinamiento en las zonas censales de la ciudad de Arica, lo que mostró zonas más y menos hacinadas. Los datos para el desarrollo de este sub-criterio se obtuvieron del diccionario del Censo 2017, a través del Redatam 7, el datos número de piezas exclusivas como de dormitorios y total de población a nivel de zona censal, luego se empleó en la tabla de atributos del shapefile la fórmula del índice de Hacinamiento y posteriormente la elaboración de la cartografía.

En el ámbito educacional del Criterio Socioeconómico de la VET, está el sub-criterio **Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar** corresponde a un indicador de carácter educacional, la idea de escolaridad consideran los “años de estudios aprobados que tiene una persona de acuerdo al curso más alto aprobado [...] en la educación formal” (INE [A], 2018. 1 p), basado en la declaración del individuo. En el caso de la escolaridad del jefe(a) de hogar corresponde a los “años de estudios formales reconocidos de las personas que se declaran jefe o jefa de hogar” (INE [B], 2018. 7 p). Este indicador tiene un rango de 1 hasta 21 años de escolaridad, en el que 12 años representa la enseñanza media completa y 21 años corresponde al grado más alto de la educación formal (Educación Superior).

**Fórmula del sub-criterio de Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar:**

$$Escolaridad = \frac{Año\ 1 * N^{\circ}\ de\ personas + \dots + Año\ 21 * N^{\circ}\ de\ personas}{Total\ de\ habitaciones\ de\ la\ zona\ censal}$$

Los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar manifestaron diferencias importantes al interior de Arica, lo cual mostró la capacidad social y económica de cada zona censal. Los datos involucrados con este sub-criterio se extrajeron del diccionario del Censo de año 2017 en Redatam 7, se usó la herramienta “Crosstab” con los tributos “años de escolaridad” y “total de personas” a nivel de zona censal, a continuación, se registraron en una plantilla de Excel, la que finalmente a través de un “Join” se unió al shapefile de la ciudad para luego aplicar la fórmula de los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar.

Otros sub-criterios educacionales considerados son **Tasa de Persona con Estudios Superiores** y **Tasa de Personas que Nunca asistió a la Educación Formal**, las fórmulas son:

Tasa Personas con Estudios Superiores (TES)	Tasa de Personas que Nunca Asistió a la Educación Formal (TNA)
$TES = \frac{Total\ de\ personas\ con\ estudios\ superiores}{Total\ de\ habitantes} * 10$	$TNA = \frac{Total\ de\ personas\ que\ nunca\ asistio}{Total\ de\ habitantes} * 100$

Estas tasas son una adaptación de los indicadores de gestión propuestos por Fachelli & López - Roldán en 2017. **TES** expresa una proporción de Persona con Estudios Superiores respecto del total de habitantes, y **TNA**, al igual que TES, es una proporción que muestra las Personas que Nunca Asistieron a la Educación Formal en relación al total de habitantes. En los sub-criterios de educación se usó el Redatam 7 para extraer los datos desde el diccionario del Censo 2017, luego se traspasaron los datos a una plantilla Excel, la cual fue agregada al shapefile mediante un “Join”, y por último, se aplicaron las respectivas fórmulas en la tabla de atributos de cada shapefile y además se elaboraron las respectivas cartografías.

**2.2.1.2.- Criterio Infraestructura**

En el Criterio de Infraestructura, que representa la situación interna de los hogares, se expresó mediante 4 sub-criterios, que visualizan dos dimensiones del territorio, las cuales son vivienda y energía. Los sub-criterios pertenecientes a este criterio son la Tasa de Viviendas de Materialidad Aceptable (TMA), Tasa de Viviendas de Materialidad Recuperable (TMR), Tasa de Viviendas de Materialidad Irrecuperable (TMI) y Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona (véase tabla N°4).

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Tabla N°4: Criterio Infraestructura**

<b>Criterio</b>	<b>Dimensión Territorio</b>	<b>Sub-criterio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>I N F R A E S T R U C T U R A</b>	Vivienda	Tasa de Viviendas de Materialidad Aceptable (TMA)	Nivel de vulnerabilidad interna de la vivienda	Ministerio de desarrollo social y familia (2014)
		Tasa de Viviendas de Materialidad Recuperable (TMR)	Nivel de vulnerabilidad interna de la vivienda	
		Tasa de Viviendas de Materialidad Irrecuperable (TMI)	Nivel de vulnerabilidad interna de la vivienda	
	Energía	Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona	Energía consumida en un mes por persona	Elaboración propia (2021)

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

La dimensión de vivienda se evaluó mediante los sub-criterios de **Materialidad de las Viviendas** (Aceptable, Recuperable e Irrecuperable), propuestos por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2014), respecto del índice se señala que se *“permite conocer las condiciones materiales de las viviendas en que viven los hogares. Se construye a partir de los materiales predominantes en paredes exteriores, cubierta de techo y pisos”* (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2014). Posteriormente se clasifican las viviendas en aceptable, recuperable e irrecuperable (véase tabla N°5).

**Tabla N°5: Clasificación previa de materiales de las viviendas**

<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Categorías</b>
<b>Paredes Exteriores</b>	Hormigón armado, Albañilería (bloque de cemento, piedra o ladrillo), Tabique forrado por ambas caras (madera, lata u otro).	Aceptable
	Tabique sin forro interior (madera u otro), adobe barro, quincha pirca u otro artesanal tradicional.	Recuperable
	Materiales precarios o de desecho (cartón, latas, sacos, plásticos, etc.).	Irrecuperable
<b>Techo</b>	Tejas o tejuelas (arcilla, cemento, madera, asfáltica); losa hormigón, planchas metálicas (zinc, cobre, etc.) o fibrocemento (pizarreño).	Aceptable
	Fonolita, paja, coirón, totora o caña.	Recuperable
	Materiales precarios o de desecho, sin cubierta en el techo.	Irrecuperable
<b>Piso</b>	Parquet, Madera, Piso flotante o similar, Cerámico, Flexit, Alfombra o cubrepiso.	Aceptable
	Baldosa de Cemento, Radier, Enchapado de Cemento.	Recuperable
	Piso de Tierra.	Irrecuperable

*Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2014.*

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Con los datos clasificados obtenidos de la tabla anterior se construye el índice de Materialidad de las Viviendas (véase tabla N°6) y se categorizan en Materialidad Aceptable, Recuperable e Irrecuperable.

**Tabla N°6: Índice de Materialidad de las Viviendas**

Índice de Materialidad	
<b>Materialidad Aceptable</b>	Materialidad en muros, piso y techo aceptable
<b>Materialidad Recuperable</b>	Muro recuperable, y un indicador aceptable, sea piso o techo
	Más de un indicador recuperable y ningún indicador irrecuperable
<b>Materialidad Irrecuperable</b>	Al menos un indicador irrecuperable (muro, piso o techo)

*Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2014.*

La cuantificación de las viviendas clasificadas según su categoría de materialidad correspondiente está disponible en el shapefile de microdatos del Censo (INE, 2017). Para efectos de la visualización de la materialidad de las viviendas se trabajaron las tasas de Viviendas de Materialidad Aceptable [TMA], Viviendas de Materialidad Recuperable [TMR] y Viviendas de Materialidad Irrecuperable [TMI].

**Fórmulas de los sub-criterios de Materialidad:**

Tasa de Vivienda de Materialidad Aceptable (TMA)	Tasa de Vivienda de Materialidad Recuperable (TMR)
$TMA = \frac{\text{Total de viviendas aceptables}}{\text{Total de viviendas}} * 10$	$TMR = \frac{\text{Total de viviendas recuperables}}{\text{Total de viviendas}} * 10$
Tasa de Vivienda de Materialidad Irrecuperable (TMI)	
$TMI = \frac{\text{Total de viviendas irrecuperables}}{\text{Total de viviendas}} * 10$	

La escala de análisis para estos sub-criterios es a nivel de zonas censales, primero al extraer los datos desde el shapefile de microdatos del Censo, se elaboraron las tasas de materialidad de la vivienda respectivas, finalmente se creó la cartografía para la materialidad de las viviendas en el programa Arcmap 10.6.

El sub-criterio **Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona**, expresa el pago promedio en dinero de la energía eléctrica consumida mensual dentro del año 2017 por persona, para el desarrollo de este sub-criterio se tomaron en cuenta aspectos del mercado eléctrico chileno y el detalle de lo pagado por cada usuario regulado.

El mercado eléctrico chileno tiene una base de tres componentes “generación, transmisión o transporte y distribución”, es en esta última parte del sistema donde se concreta el pago de la electricidad domiciliaria (Gatica, 2017), cabe señalar que dentro de este mercado existen dos tipos de clientes, los Clientes Libres y Regulados, los Clientes Libres son aquellos no tienen fijado los precios y consumen importantes flujos de energía eléctrica superior 5.000 kW, mientras que un Cliente Regulado son clientes con un consumo menor o igual 500 kW de electricidad y se localiza dentro del área de concesión (Ministerio de

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Economía, 2007). Dentro de los clientes regulados existen 2 tipos de clientes los cuales son los Clientes de Alta Tensión (AT) y Clientes de Baja Tensión (BT) (CNE, 2017).

Los Clientes Regulados están cautivos por una empresa de distribución que es licitada por el Estado de Chile, en el caso del área urbana de Arica, es la Empresa Eléctrica de Arica (EMELARI) que pertenece al grupo CGE distribución S.A. (CGE, 2018). Esta última empresa es la que detalla los consumos del servicio eléctrico de cada Cliente Regulado de la ciudad.

Cada cuenta eléctrica consta de una sección llamada “Detalle de mi cuenta”, esta sección fundamentalmente contiene dos ítems que cada Usuario Regulado cancela en la cuenta, son el ítem de “servicio eléctrico” y “otros cargos” (CGE Distribución, 2021). El ítem considerado para el desarrollo de este sub-criterio es “servicio eléctrico”, este ítem consiste básicamente en los costos administrativos, la electricidad consumida y transporte de la electricidad. El Ministerio de Energía, mediante el CNE entrega las cifras de la cantidad de energía consumida a nivel comunal por año y diferenciándolas en la energía consumida por Clientes Residenciales y No Residenciales. En el año 2017, la comuna de Arica consumió 156.535.336 KW/h por la totalidad de Clientes Residenciales (CNE, 2020).

En el cálculo del Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona se tomaron en cuenta la energía consumida en el año 2017 por los clientes regulados (BT1 [Potencia conectada menor 10 kW]; tipo aéreo). Entre los elementos considerados están los costos administrativos y el costo de transporte de electricidad, valores emitidos por CGE distribución S.A., además se consideró el costo de la electricidad establecidos por la misma empresa desde el mes de Enero a Diciembre del año 2017 (véase tabla N°7). También se tomó en cuenta la cantidad de viviendas registradas por el Censo 2017 que son 72.639 viviendas a nivel comunal (INE, 2017) y las viviendas sin acceso a electricidad dentro de la comuna son 319 viviendas señaladas en el Informe de Vulnerabilidad Energética (Ministerio de Energía, 2019). Resultando 72.320 viviendas con acceso a electricidad en la comuna.

**Tabla N°7: Valores del Servicio Eléctrico en pesos (\$) basado en CGE Distribución año 2017**

Valores	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Costo Administrativo</b>	1.116,16	1.113,91	1.119,87	1.122,52	1.126,82	1.129,56
<b>Costo Transporte</b>	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282	2,282
<b>Costo Electricidad* (KW/h)</b>	113,077	113,036	113,06	112,897	113,053	113,254

\*Costo Electricidad: Cargo por energía + Cargo por compra de potencia + Cargo por potencia base en su componente

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Valores	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Costo Administrativo</b>	1.131,02	1.126,62	1.129,26	1.131,61	1.129,85	1.136,5
<b>Costo Transporte</b>	2,282	2,282	2,857	2,857	2,857	2,902
<b>Costo Electricidad* (KW/h)</b>	117,104	119,382	119,501	119,098	118,872	119,045

\*Costo Electricidad: Cargo por energía + Cargo por compra de potencia + Cargo por potencia base en su componente  
 Fuente: CGE Distribución S.A. 2017; Elaboración propia, 2021.

Primero se calculó el Promedio Mensual de Energía consumida por los clientes residenciales en la comuna de Arica:

$$Promedio\ Mensual\ de\ Energía\ (PME) = \frac{Energía\ consumida\ en\ 2017}{12\ meses}$$

Segundo la fórmula utilizada para obtener las ganancias de la empresa en el ítem de “servicio eléctrico” cada mes es:

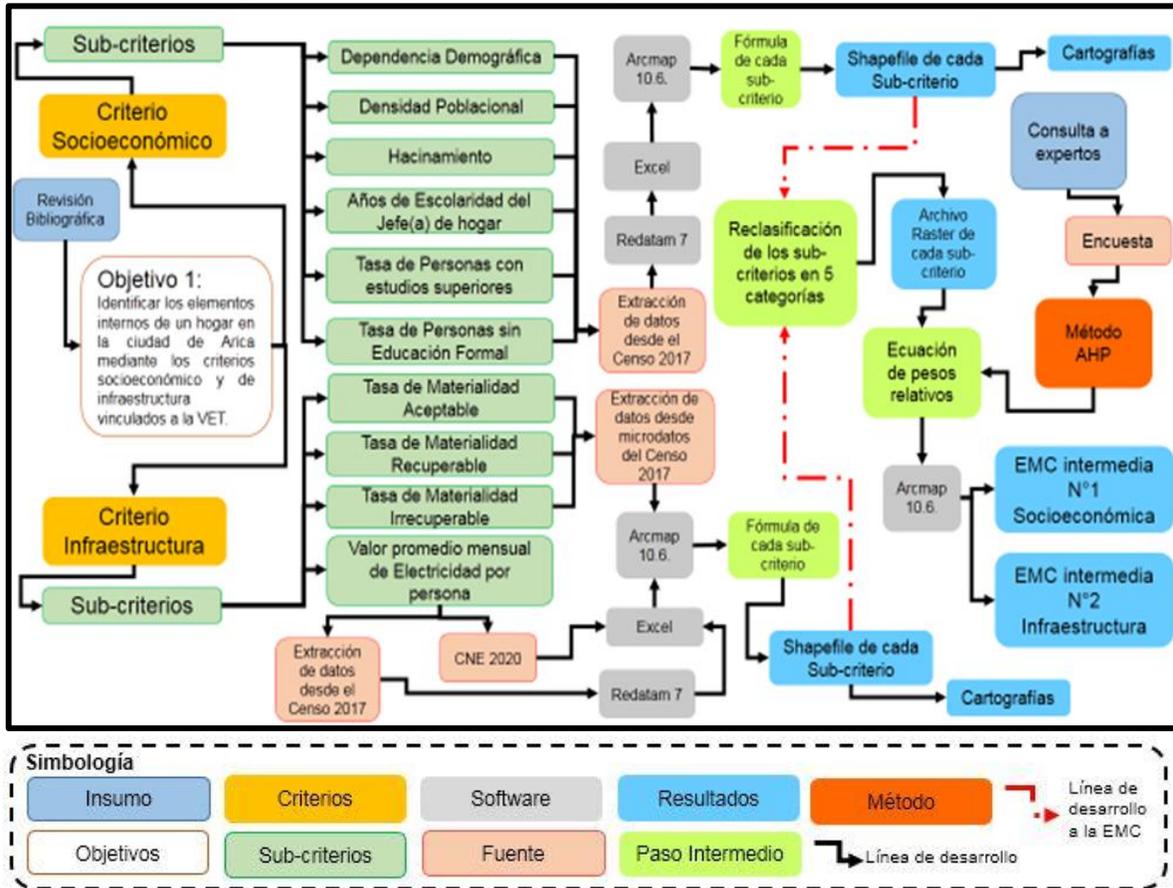
$$Mes = Costo\ Administrativo * 72.320 + Costo\ de\ Transporte * 72.320 + Costo\ electricidad\ (KW/h) * PME$$

Finalmente, la aplicación del Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona en cada zona censal:

$$Valor\ de\ la\ promedio\ mensual\ de\ electricidad = \frac{\left\{ \left( \frac{Mes\ 1 + \dots + Mes\ 12}{12} \right) * Total\ de\ viviendas\ de\ la\ zona\ censal \right\}}{Total\ de\ Habitantes\ de\ la\ zona\ censal}$$

Para el desarrollo el valor promedio mensual de la electricidad por persona en cada zona censal, primero se utilizaron los datos de proporcionados por el diccionario del Censo 2017 en Redtam 7, luego desde una plantilla Excel se adicionaron los datos proporcionados por CGE distribución S.A. más CNE, posteriormente se realizó un “Join” de la plantilla Excel con los resultados a el shapefile de la ciudad de Arica, finalmente se diseñó la cartografía correspondiente en Arcmap 10.6.

Figura N°9: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°1



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## 2.2.2.- Objetivo Específico N°2

El objetivo reúne los criterios afines a la situación externa de los hogares de la zona urbana de Arica, los criterios utilizados son climático y geográfico. Este objetivo tiene un carácter cuantitativo y se utilizó fuentes de información primaria procedente de imágenes satelitales y fotointerpretación, los datos se emplearon a una escala de zona censal en los softwares Google Earth Pro y Arcmap 10.6, y la plataforma Google Earth Engine (véase figura N°10).

### 2.2.2.1.- Criterio Climático

En este criterio se aplicaron 5 sub-criterios, que representan dos dimensiones del territorio que son Clima y Área Verde, los sub-criterios usados son Amplitud Térmica Interestacional, Distancia al Mar, Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), Áreas Verdes por Habitante y Porcentaje de Área Verde por Zona Censal (véase tabla N°8).

**Tabla N°8: Criterio Climático**

<b>Criterio</b>	<b>Dimensión Territorial</b>	<b>Sub-criterio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>C L I M Á T I C O</b>	Clima	Amplitud Térmica Interestacional	Diferencias internas de la ciudad	Renee (2017)
		Distancia al Mar	Distribución de la ciudad en relación al mar	Sarricolea & Romero (2010)
	Área Verde	SAVI	Calidad de la vegetación	Muñoz (2013)
		Áreas Verdes por Habitante	Distribución en la ciudad	Reyes & Figueroa (2010)
		Porcentaje de Áreas Verdes por Zona Censal	Desigualdad interna de la urbe	Reyes & Figueroa (2010)

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

Dentro de la dimensión Clima, está el sub-criterio **Amplitud Térmica Interestacional** expresa la variación de temperatura en un sitio durante un periodo, señalando la diferencia en grados, respecto del instante más frío y el más cálido entre estaciones (Renee, 2017). Este sub-criterio indico las diferencias de temperatura en grados Celsius (°C) entre las estaciones de invierno y verano en el periodo 2008 – 2018. La obtención de este sub-criterio es mediante la colección de imágenes satelitales de los satélites Aqua & Terra de la plataforma Google Earth Engine, cabe destacar que las imágenes de la colección contienen características como: una resolución espacial de 200 metros, la cual posteriormente fue ajustada, también poseen una cobertura nubosa menor al 10% y la colección de imágenes concierne el periodo desde el verano 2008 hasta el invierno 2018.

**La fórmula utilizada fue:**

$$Amplitud\ Térmica\ 2008\ -\ 2018 = (Verano\ Diurno\ -\ Verano\ Nocturno) - (Invierno\ Diurno\ -\ Invierno\ Nocturno)$$

Previo a la utilización de la fórmula de la Amplitud Térmica Interestacional, se extrajo desde la plataforma Google Earth Engine, la temperatura superficial tanto diurna como nocturna de las estaciones de invierno y verano, posterior a lo mencionado, mediante la herramienta “raster calculator” del software Arcgis se generaron las amplitudes de invierno y verano, finalmente, usando la misma herramienta se obtuvo la Amplitud Térmica Interestacional, la cual expreso las diferencias de temperatura superficial (°C) en la ciudad. Se confeccionó la cartografía correspondiente en el software Arcmap10.6.

Otro sub-criterio perteneciente a la dimensión clima, es la **Distancia al Mar**, en el que se usó la herramienta “Multiple ring buffer”, a fin de crear las zonas homogéneas que tienen similares distancias respecto de la línea de costa, para esté la distancia entre cada anillo es de 250 metros. Luego se utilizó el geoprocso “Clip” para limitar los anillos al interior de

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

la ciudad. Finalmente, se elaboró la cartografía en el software Arcmap10.6 y la escala de análisis es a nivel de zona censal.

El **Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)**, es creado por Huete en 1988 y toma “en cuenta la reflectividad del suelo y permite aislar la información que aporta la vegetación, de la que procede del suelo” (Muñoz, 2013), además este índice “es propio de zonas áridas” (Gonzaga, 2014. 65 p), por lo que su uso es conveniente en Arica. El SAVI se aplicó mediante imágenes satelitales del “Sentinel 2”, que obedecían a las siguientes características, tener una resolución espacial de 10 metros, poseer menos del 10% de cobertura nubosa y corresponder a una colección de imágenes (desde el 28 – 03 – 2017 hasta el 28 – 03 – 2021). Lo anterior se trabajó en la plataforma Google Earth Engine.

**Fórmula de SAVI:**

$$SAVI = \left( \frac{IR - R}{IR + R + L} \right) * (1 + L)$$

IR = Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano

R = Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo

L = Es un parámetro que varía según la densidad de la vegetación.

Para el IR se utilizó la banda B8 y en el R se operó con la banda B4, en lo que concierne a L se empleó el valor de 0,5; puesto que se consideró una presencia media de vegetación en el área urbana. Ya obtenidos los resultados se procedió a utilizar la clasificación de valores de Martínez-Menes *et al.* [2015] (véase tabla N°9), para los resultados del sub-criterio SAVI.

**Tabla N°9: Clasificación del SAVI**

Clasificación	Valor
<b>Nubes y agua (NA)</b>	<0,01
<b>Suelo Sin Vegetación (SV)</b>	0,01 – 0,1
<b>Vegetación Ligera (VL)</b>	0,1 – 0,2
<b>Vegetación Mediana (VM)</b>	0,2 – 0,4
<b>Vegetación Alta (VA)</b>	>0,4

*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Martínez – Menes et al. 2015.*

Luego de la obtención de los resultados del SAVI desde la plataforma Google Earth Engine, se elaboró la cartografía en Arcmap 10.6.

El área verde es un espacio urbano que proporciona beneficios a diferentes escalas, entre los que se hallan regulación del clima local, ecológicos, esparcimiento, sociales, entre otros (Reyes & Figueroa, 2010; Vásquez, 2017). Un sub-criterio que contextualiza el área verde en un territorio es el **Área Verde por Habitante** es utilizado para “evaluar la dotación de áreas verdes urbanas” (Reyes & Figueroa, 2010. 91 p), con este sub-criterio se muestra la distribución de este espacio urbano en una ciudad. El estándar mínimo fijado por Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) mediante su Sistema de Indicadores y Estándares

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

de Desarrollo Urbano (SIEDU) en Chile es de 10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante (INE [B], 2019).

**Fórmula:**

$$\text{Área verde por habitante} = \frac{\text{Áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{Total de habitantes}}$$

La obtención de las áreas verdes de la ciudad de Arica fue mediante una fotointerpretación de imágenes satelitales el software Google Earth Pro y una corroboración con el Plan Regulador Comunal de 2019, luego con la elaboración de shapefile en el software Arcmap 10.6 se llevó a cabo en la tabla de atributos la aplicación de la fórmula Área Verde por Habitante en una escala de zona censal. La clasificación de los resultados de las zonas censales considero el rango propuesto por CNDU.

En el **Porcentaje de Área Verde según Zona Censal** muestra la proporción de áreas verdes por zona censal en Arica, lo que se traduce en la desigualdad en la distribución de las áreas verdes, este sub-criterio es una adaptación del indicador de Reyes & Figueroa (2010) porcentaje de la superficie total de áreas verdes del AMS (PLAND). La fórmula utilizada fue:

$$\text{Área verde según zona censal} = \frac{\text{Áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{Total de superficie de zona censal (m}^2\text{)}} * 100$$

Al igual que el sub-criterio Área Verde por Habitante, se usó la misma metodología del para Porcentaje de Área Verde según Zona Censal. Finalmente, se diseñó la cartografía en Arcmap 10.6.

**2.2.2.2.- Criterio Geográfico**

Dentro del Criterio Geográfico, que forma parte de la situación externa de los hogares, se agruparon bajo la dimensión geográfica del territorio los sub-criterios, los cuales son la Altura de las Edificaciones, Exposición Solar y Pendientes (véase tabla N°10).

**Tabla N°10: Criterio Geográfico**

<b>Criterio</b>	<b>Dimensión Territorial</b>	<b>Sub-criterio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>G E O G R Á F I C O</b>	Geográfica	Altura de las Edificaciones	Diferencia en la morfología urbana	García (2014)
		Exposición Solar	Relación al consumo energético	Ubilla (2007)
		Pendientes	Diferencia en la morfología física	Araya-Vergara (1993)

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

La **Altura de las Edificaciones**, se examinó a una escala de manzanas, mediante la aplicación Google Street View del software Google Earth Pro, se visualizó cada manzana de la ciudad de Arica, con el fin de obtener las alturas de las construcciones correspondientes. En este sub-criterio se adaptó la clasificación de García *et al.* [2014] (véase tabla N°11) al contexto de la ciudad de Arica. Tras lo anterior, se realizó la cartografía correspondiente en Arcmap 10.6.

**Tabla N°11: Clasificación de la altura de las edificaciones**

<b>Tipos de Edificación</b>	<b>Altura (pisos)</b>
<b>Vivienda Unifamiliar</b>	1 a 2
<b>Viviendas/Block</b>	3
<b>Block de departamentos</b>	4 a 5
<b>Edificios Medianos</b>	6 a 8
<b>Edificios Grandes</b>	9 a 22

*Fuente: García et al. 2014.*

La **Exposición Solar** se relaciona directamente a la carga de energía solar recibida (Sarricolea & Romero, 2010), al llevar a cabo este sub-criterio se usó un Modelo de Elevación Digital (DEM) del satélite “Alos”, que tiene una resolución espacial de 12,5 metros; el DEM Alos-Palsar del año 2011, corresponde a la comuna de Arica (CIREN, 2019). Al DEM se le aplicó la herramienta “Aspect” logrando las orientaciones de la exposición del sol, luego mediante la herramienta “reclassify” se utilizó la clasificación de Ubilla (2007) para la Exposición Solar (véase Anexo N°6). Posteriormente se llevó a cabo la cartografía de este sub-criterio en Arcmap 10.6.

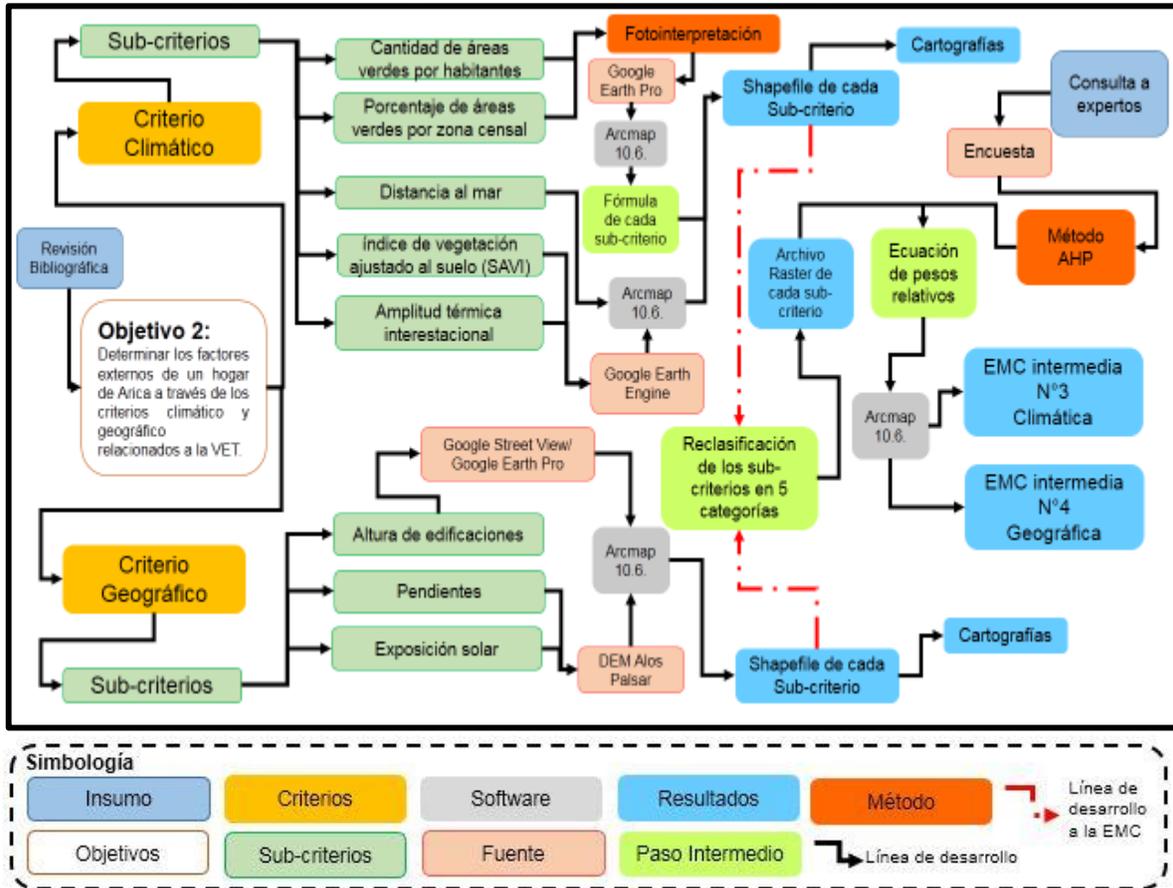
La **Pendiente** ha sido obtenida de un DEM del satélite “Alos”, que tiene una resolución espacial de 12,5 metros; el DEM Alos-Palsar del año 2011, corresponde a la comuna de Arica (CIREN, 2019), en el desarrollo del sub-criterio Pendientes. Al DEM se le aplicó la herramienta “Slope” obteniendo las pendientes, luego con la herramienta “reclassify” se usó la clasificación de pendientes de Araya – Vergara y Borgel (1972), Young (1975) y Ferrando (1993) (véase Anexo N°7), la cual se adaptó (véase tabla N°12) para su aplicación. Finalmente, se creó la cartografía correspondiente en Arcmap 10.6.

**Tabla N°12: Clasificación de tipos de pendientes**

<b>Tipos de Pendientes</b>	<b>Grados</b>
<b>Horizontal/Suave</b>	0° - 5°
<b>Moderada</b>	5° - 10°
<b>Fuerte</b>	10° a 20°
<b>Moderadamente Escarpada</b>	20° - 30°
<b>Escarpada/Muy Escarpada</b>	30° - 90°

*Fuente: Mesina, 2003.*

Figura N°10: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°2



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 2.2.3.- Objetivo Específico N°3

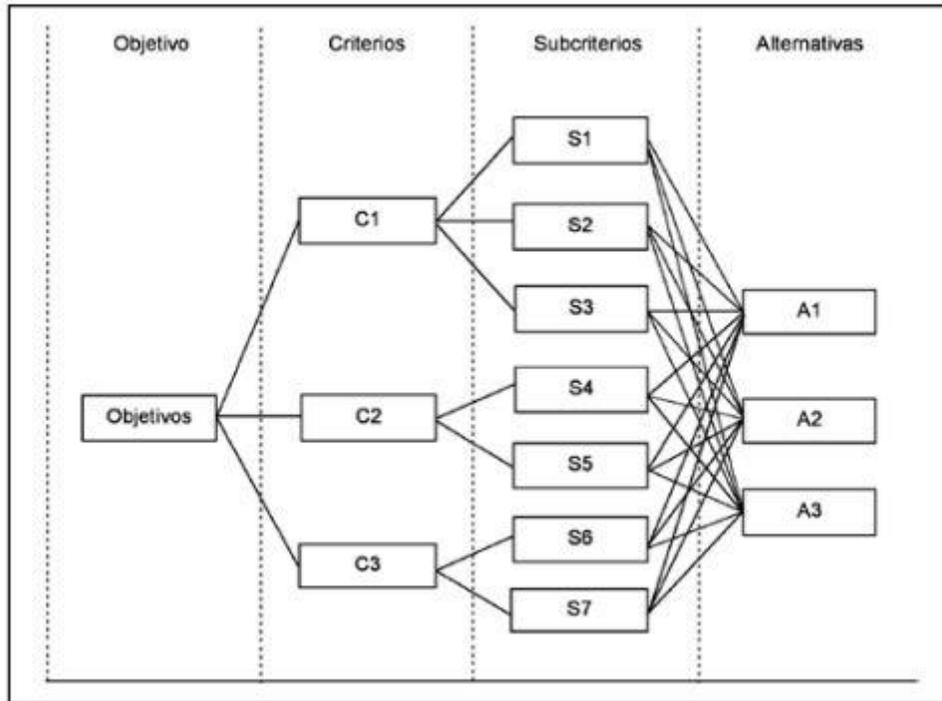
En el objetivo N°3 se desarrolla una evaluación multicriterio [EMC] (véase figura N°18), la cual consiste en dividir un problema complejo en criterios simples que evidencien la realidad, asimismo posibilita el uso de gran cantidad de datos, relaciones, criterios y propósitos (Grajales *et al.* 2013). Este tipo de metodología permite la toma de decisiones y su uso es en diversas disciplinas (Abad, 2018).

#### 2.2.3.1.- Evaluación Multicriterio

La EMC es una herramienta de decisión que facilita la integración de diversos factores de un problema complejo (Álvarez *et al.* 2020), dentro de esta herramienta existen variados métodos de Decisión Discretos como Ponderación lineal [Scoring], Utilidad multiatributo [MAUT], Relación de Sobreclasificación y Análisis Jerárquico [AHP] (Berumen & Llamazares, 2007), es este último, el utilizado en esta investigación.

El método AHP (proceso de Análisis Jerárquico) es una descomposición de un problema en una estructura jerárquica (véase figura N°11), que realiza comparaciones pareadas entre criterios o sub-criterios (*Idem*).

Figura N°11: Estructura Jerárquica



Fuente: Berumen & Llamazares, 2007.

El método AHP, además de ser una herramienta científica para abordar problemas difíciles de cuantificar, por la diversidad de criterio y sub-criterios que un problema puede abordar, en este método es posible usar tanto datos duros como opiniones de expertos que consideran su conocimiento y experiencia, con lo anterior, se logra asignar pesos relativos a los criterios y sub-criterios evaluados (Ortega, 2019). La forma de asignación de pesos es a través de comparaciones entre los elementos medidos, el método de medición es mediante una escala matemática creada por Saaty [1980] (véase figura N°12), la que consiste en generar comparaciones por pares basándose en juicios de expertos a fin de representar una preferencia o dominancia de una sobre otra (Nantes, 2019).

Figura N°12: Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores
2	Entre igualmente y moderadamente preferible
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible
6	Entre fuertemente y extremadamente preferible
8	Entre muy fuertemente y extremadamente preferible

Fuente: Berumen & Llamazares, 2007.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Luego de la comparación entre criterios y/o sub-criterios mediante la escala de Saaty, donde se buscó la asignación de los pesos relativos; Tras lo mencionado, desde este punto, en el método AHP es primordial el sustento matemático, para lo cual se utiliza una matriz de comparaciones pareadas (véase tabla N°13).

**Tabla N°13: Matriz de Comparación**

	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>Criterio N</b>
<b>Alternativa 1</b>	Dato A	...	...
<b>Alternativa Z</b>	Dato N	...	...
<b>Suma (Σ)</b>	Dato X	...	...

*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Grajales et al. 2013.*

Dentro de esta matriz, se deben sumar los resultados de las comparaciones por columna (véase tabla N°13), en un siguiente paso, se debe normalizar los resultados en una nueva matriz. Este proceso requiere dividir los elementos individuales de cada columna entre la suma de la columna (véase tabla N°14). Luego, para el cálculo de los vectores de prioridad de cada criterio, es necesario sumar cada fila de la matriz normalizada (Mendoza *et al.* 2019).

**Tabla N°14: Matriz Normalizada**

	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio N</b>	<b>Suma de Vectores</b>
<b>Alternativa 1</b>	Dato C (Dato A/Dato X)	Dato D (Dato B/ Dato X)	Dato F (Dato C + Dato D)
<b>Alternativa Z</b>	...	...	...
<b>*n:</b> Número de Variables			

*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Mendoza et al. 2019.*

Posteriormente, se debe normalizar el vector que estará los resultados entre 0 y 1. Este valor es el utilizado para la elaboración de la ecuación de los sub-criterios o criterios.

$$Normalización\ del\ Vector = \frac{Suma\ de\ Vector}{n}$$

n = Número de variables comparadas

Paralelamente a lo antes mencionado, se aplica la razón de consistencia, la cual “permite medir cuán consistentes son los juicios efectuados” (Salas, 2011. 81 p). Esta razón de consistencia contiene el Índice de Consistencia (IC) que “es una medida de la desviación de consistencia de la matriz de comparaciones a pares y la [Consistencia Aleatoria (RI)] es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria” (Pacheco & Contreras, 2008. 54 p).

$$Razón\ de\ Consistencia = \frac{IC}{RI} = \frac{\left(\frac{n_{max} - n}{n - 1}\right)}{\left(\frac{1,98 * (n - 2)}{n}\right)}$$

IC= Índice de consistencia  
 RI= Consistencia Aleatoria  
 n<sub>max</sub>= Producto de matriz original con pesos obtenidos  
 n = Número de variables comparadas

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Para la obtención de  $n_{m\acute{a}x}$  a cada fila de la matriz de comparación, calcula una suma ponderada, con base a la suma del producto de cada elemento por la prioridad calculada de cada criterio. Para cada elemento del vector resultante del paso anterior, dividir su suma ponderada por la prioridad de su criterio correspondiente (Mendoza *et al.* 2019).

La razón de consistencia está diseñada de manera de no exceder el 10% (0,1), en caso de sobrepasar dicha cifra se considera que el juicio es inconsistente. En este caso el tomador de decisiones debe *“reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas”* (Ureta, 2019. 15p).

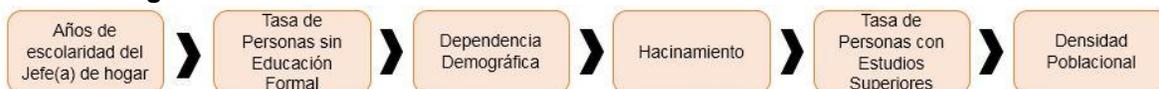
Esta metodología antes descrita, fue usada para las EMC intermedias correspondientes a cada criterio de la VET, asimismo se utilizó para el desarrollo de la EMC del objetivo específico N°3. Un paso previo para llevar a cabo las EMC se procedió a realizar una encuesta a expertos, a fin de obtener los pesos relativos, lo cual será desarrollada y detallada en la siguiente sección.

### **2.2.3.2.- Consulta a Expertos**

En esta etapa de la investigación se llevó a cabo una encuesta (véase Anexo N°8), con la cual se realizaron apreciaciones de los expertos sobre los criterios y sub-criterios trabajados en los Objetivos Específicos N°1 y N°2. La encuesta se realizó de manera On-line mediante la plataforma Google Formularios y constaba de tres partes, la primera una caracterización de los encuestados, en la segunda parte, se realizaron evaluaciones y observaciones generales de los sub-criterios y por último, en la tercera parte correspondió a apreciaciones sobre los criterios de VET en Arica. La encuesta tuvo la finalidad de proveer de los pesos relativos para estructurar las ecuaciones, con las que luego se desarrolló el Objetivo Específico N°3. La encuesta a expertos(as) conto con la participación de 5 personas, las cuales han trabajado el tema de la VET, su conocimiento en el área va de 1 a 5 años, con diferentes grados académicos 2 licenciados, 1 master y 2 doctorados, y de tres tipos de nacionalidad diferentes.

En primer lugar, las respuestas de los expertos sobre los **Sub-criterios del Criterio Socioeconómico** (véase anexo N°9.1), señalaron que el sub-criterio más representativo es los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar, por ejemplo: el Experto N°1 (2021) indica *“es la más cercana de la condición económica”*. Considerando la representatividad de los sub-criterios los expertos le dieron un orden mediante sus respuestas desde el más representativo de la VET en el Criterio Socioeconómico al menos representativo (véase figura N°13).

**Figura N°13: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Socioeconómico**



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Los pesos relativos para los sub-criterios del Criterio Socioeconómico, se establecieron en la siguiente ecuación:

$$C. Socioeconómico = E * 0,4466 + SEd * 0,2358 + DD * 0,1421 + H * 0,0955 + U * 0,0507 + Dsd * 0,0293$$

E: Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar  
SEd: Tasa de Personas que No asistieron a la Educación Formal  
DD: Dependencia Demográfica  
H: Hacinamiento  
U: Tasa de Personas con Estudios Superiores  
Dsd: Densidad Poblacional

En un paso previo al uso de la ecuación de los pesos relativos, se reclasificaron los sub-criterios mediante la herramienta “Reclassify” en 5 categorías, siendo la categoría 1 la más vulnerable y 5 la menos vulnerable, luego con la ecuación de pesos relativos y los rasters reclasificados se procedió al uso de la herramienta “Raster calculator” generando una evaluación multicriterio de los sub-criterios del Criterio Socioeconómico [EMC intermedia N°1], el rango de los resultados en esta EMC intermedia N°1 (socioeconómica) van de 1,383 (más vulnerable) a 4,304 (menos vulnerable). Posteriormente se diseñó una cartografía en Arcmap 10.6.

En segundo lugar, considerando las respuestas de los expertos frente a los **Sub-criterios del Criterio de Infraestructura** (véase anexo N°9.2), expresaron que el sub-criterio más representativo es la Tasa de Viviendas de Materialidad Recuperables, establecieron que es una vivienda deficitaria en términos térmicos pero no necesariamente por razones económicas, las razones podrían ser deterioro, mala inversión, entre otros (Experto N°4, 2021). El orden de los sub-criterios corresponde desde el más representativo en relación a la VET al menos representativo (véase figura N°14).

**Figura N°14: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio de Infraestructura**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los pesos relativos obtenidos de las respuestas de los expertos para los sub-criterios del Criterio de Infraestructura, se modelan en la siguiente ecuación:

$$C. Infraestructura = Rec * 0,4563 + I * 0,3623 + Luz * 0,1319 + Acep * 0,0495$$

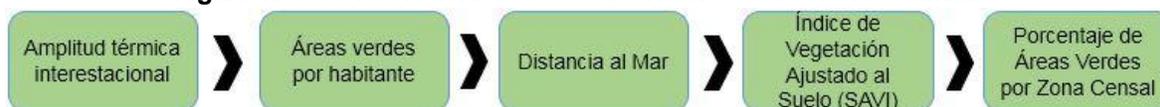
Acep: Tasa de Materialidad de Viviendas Aceptables  
Rec: Tasa de Materialidad de Viviendas Recuperables  
I: Tasa de Materialidad de Viviendas Irrecuperables  
Luz: Valor Promedio Mensual de Electricidad por persona

Juntamente con la obtención de la ecuación de los pesos relativos, se realizó una reclasificación a los sub-criterios mediante la herramienta “Reclassify” en 5 categorías, donde 1 fue considerada como la más vulnerable y 5 como la menos vulnerable, luego con

la herramienta “*Raster calculator*” se introdujo la ecuación de los pesos relativos de los sub-criterios, para producir una evaluación multicriterio de los sub-criterios del Criterio de Infraestructura (EMC intermedia N°2), el rango de los datos de la EMC de infraestructura fueron desde 1,818 (más vulnerable) a 4,724 (menos vulnerable), por último, se elaboró una cartografía en Arcmap 10.6.

En tercer lugar, respecto de las repuestas de los expertos sobre los **Sub-criterios del Criterio Climático** (véase anexo N°9.3), ha sido considerar la Amplitud Térmica Interestacional como el sub-criterio más representativo, por ejemplo, el Experto N°3 (2021) señaló que “es el más relevante” considerando el contexto en el que se halla Arica. La representatividad de los sub-criterios, adquieren el siguiente orden (véase figura N°15):

**Figura N°15: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Climático**



Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

Los pesos relativos para los sub-criterios del Criterio Climático, se establecieron en la siguiente ecuación:

$$C. \text{ Climático} = ATi * 0,4749 + AVH * 0,2888 + M * 0,1243 + SV * 0,0771 + AVZC * 0,0349$$

ATI: Amplitud Térmica Interestacional

AVH: Áreas Verdes por Habitante

M: Distancia al Mar

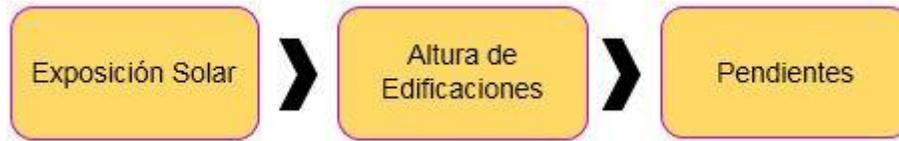
SV: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)

AVZC: Porcentaje de Áreas Verdes por Zona Censal

Simultáneamente, con la obtención de la ecuación de los pesos relativos, se reclasificaron los sub-criterios mediante la herramienta “*Reclassify*” en 5 categorías, constituyendo 1 como la opción más vulnerable y 5 como la menos vulnerable, con posterioridad se procedió al uso de la herramienta “*Raster calculator*”, más la ecuación de los pesos relativos, generando como resultado una evaluación multicriterio de los sub-criterios del Criterio Climático (EMC intermedia N°3), el rango de la EMC climática comprende desde 1,474 (más vulnerable) a 4,922 (menos vulnerable). Por último, se creó la cartografía correspondiente en Arcmap 10.6.

En último lugar, las respuestas de los expertos respecto de los **Sub-criterios del Criterio Geográfico** (véase anexo N°9.4), indicaron que el sub-criterio más representativo de este criterio es la Exposición Solar. Considerando la representatividad de los sub-criterios los expertos, establecieron el siguiente orden desde el más al menos representativo de la VET (véase figura N°16).

**Figura N°16: Preferencia de los Sub-criterios del Criterio Geográfico**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los pesos relativos obtenidos de las respuestas de los expertos para los sub-criterios del Criterio Geográfico, se modelan en la siguiente ecuación:

$$C. Geográfico = ES * 0,64 + AE * 0,28 + P * 0,08$$

ES: Exposición Solar  
 AE: Altura de las Edificaciones  
 P: Pendientes

A la par de generar la ecuación de los pesos relativos en la matriz de comparación, se realizó una reclasificación de los sub-criterios a través de la herramienta “Reclassify”, esta reclasificación consta de 5 categorías, siendo 1 (más vulnerable) y 5 (menos vulnerable). En una etapa siguiente, los sub-criterios reclasificados se les aplicó la ecuación de los pesos relativos con la herramienta “Raster calculator”, a fin de lograr una evaluación multicriterio de los sub-criterios del Criterio Geográfico (EMC intermedia N°4), el rango de los resultados de la EMC geográfica obtenida va 1 (más vulnerable) a 5 (menos vulnerable). Finalmente, se confeccionó la cartografía respectiva en Arcmap 10.6.

### 2.2.3.3.- Desarrollo del Objetivo Específico N°3

Los expertos señalaron en sus respuestas el orden de representatividad de los criterios (véase figura N°17), en base a establecer las áreas de VET en la ciudad de Arica, la cual se evidencia a continuación:

**Figura N°17: Preferencia de los Criterios**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Los pesos relativos obtenidos de las respuestas de los expertos para los criterios, que concierne a la VET en la ciudad de Arica, se modelan en la siguiente ecuación:

$$EMC VET = SE * 0,5429 + INF * 0,2913 + CM * 0,1123 + GF * 0,0535$$

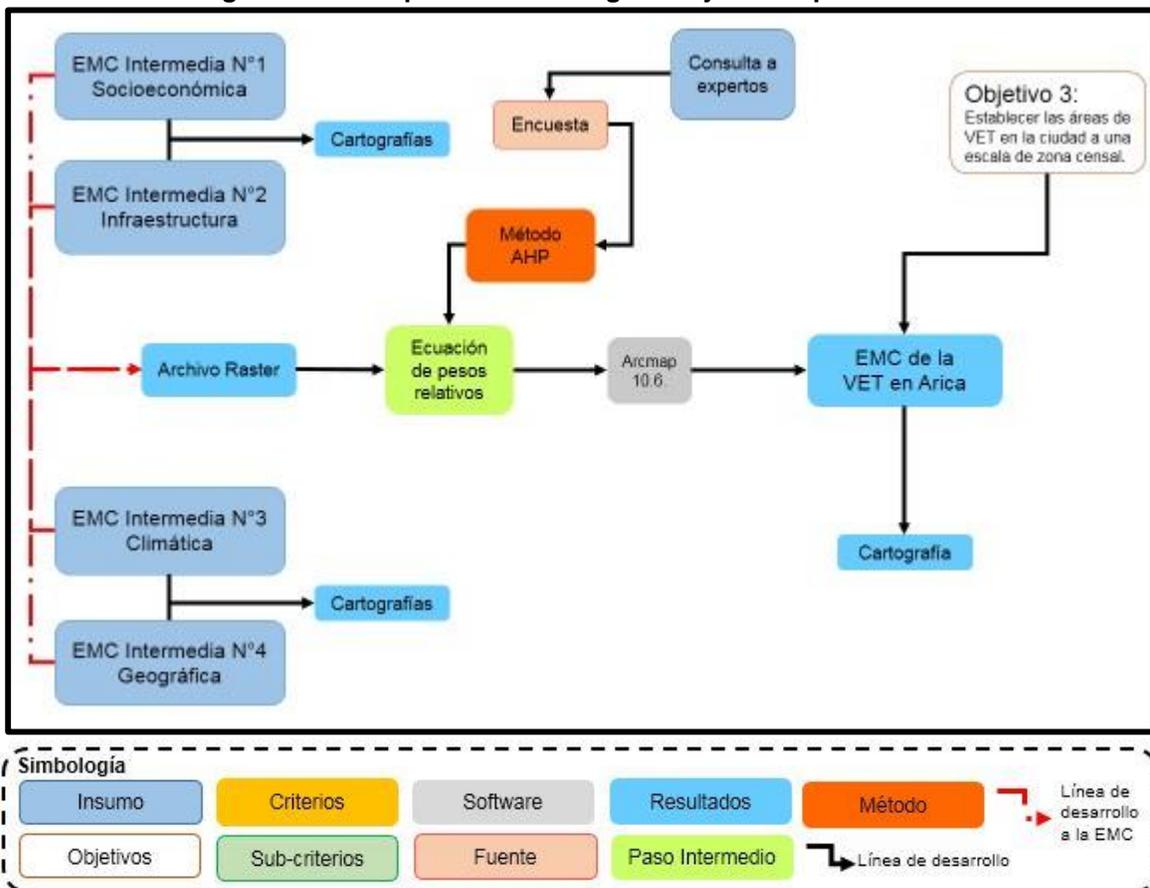
EMC VET: Evaluación multicriterio de la VET  
 SE: Criterio Socioeconómico  
 INF: Criterio de Infraestructura  
 CM: Criterio Climático  
 GF: Criterio Geográfico

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta las respuestas de los expertos (véase anexo N°9.5), los criterios internos del hogar (Criterio Socioeconómico y de Infraestructura) son los que adquieren mayor peso con un 83,42% ante una evaluación de la VET frente a la amenaza de ICU en la ciudad de Arica y los criterios relacionados a los elementos externos (Criterio Climático y Geográfico) se la asigna un peso de un 16,58% respecto del total.

Tras la obtención de la ecuación de los pesos relativos, con la cual es posible establecer las áreas de VET en la ciudad de Arica a una escala de zona censal. Se procedió a ejecutar la evaluación multicriterio en software Arcgis, primero cada EMC intermedia, se introdujo con el peso relativo dado por los expertos en la herramienta “Raster calculator”, resultando la EMC de la VET en Arica. Esta EMC genero resultados en un rango de 1,746 a 4,396, este rango fue distribuido en 9 categorías mediante el método “Natural Break”, puesto que la distribución de datos es homogénea y resalta la diferencia con otras categorías; La categoría 1 fue señalada como “Extremadamente Alta” la VET, la categoría 5 es indicada como “Media” la VET y la categoría 9 “Extremadamente Baja” la VET. Finalmente, se diseñó la cartografía correspondiente en Arcmap 10.6, mostrando las áreas de VET en Arica.

**Figura N°18: Esquema Metodológico Objetivo Específico N°3**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

## **CAPÍTULO 3: RESULTADOS**

### **3.1.- Objetivo N°1 “Identificar los sub-criterios internos de un hogar en la ciudad de Arica mediante los criterios socioeconómico y de infraestructura vinculados a la VET”**

#### **3.1.1.- Criterios Internos de la VET**

La Vulnerabilidad Energética Territorial mediante la perspectiva interna del hogar muestra problemas originados en factores sociales, económicos y de infraestructura (Bouzarovski, 2018). Es por lo anterior que es relevante establecer tanto del Criterio Socioeconómico como de Infraestructura la situación actual a través de los sub-criterios como Dependencia Demográfica, Densidad Poblacional, Hacinamiento, Materialidad de la Vivienda, entre otros.

##### **3.1.1.1.- Criterio Socioeconómico**

La ciudad de Arica se ve atravesada por sub-criterios socioeconómicos relevantes, de los cuales se destacan Dependencia Demográfica, Densidad Poblacional, Hacinamiento, Nivel Educativo, entre otros, que permiten comprender la realidad de esta urbe del Norte Grande.

##### **3.1.1.1.1.- Dependencia Demográfica**

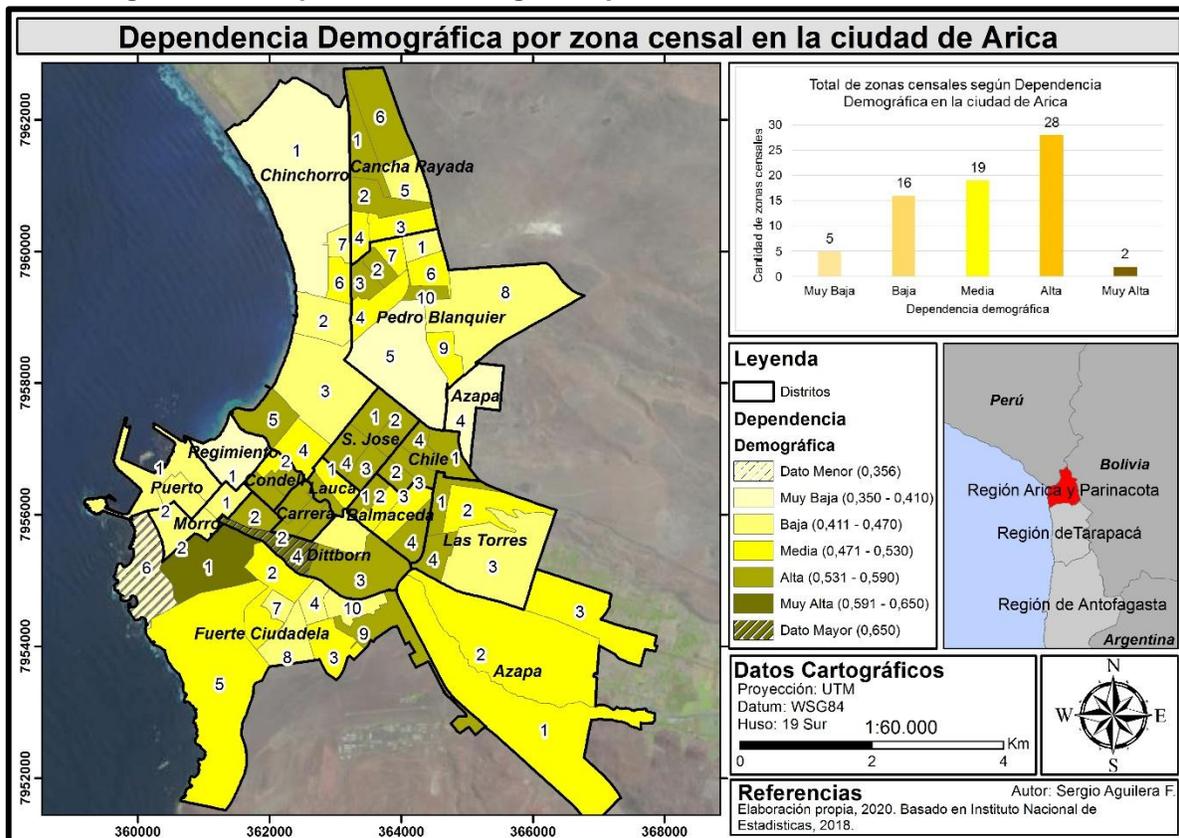
Entre los sub-criterios socioeconómicos se halla Dependencia Demográfica, la cual se dividió en grupos etarios, de las 70 zonas censales que compone la ciudad, 28 corresponden a una Dependencia Demográfica “alta” (40%), 19 zonas censales en categoría de Dependencia “media” (27,14%) y 16 zonas censales se hallan en una clasificación de Dependencia “baja” (22,86%). En los extremos del sub-criterio se encuentran 5 zonas censales (7,14%) en una categoría de “muy baja” Dependencia Demográfica y en el extremo opuesto, hay 2 zonas censales (2,86%) que se hallan en la condición de “muy alta” Dependencia (véase figura N°19).

La distribución de las zonas censales con una clasificación “muy alta” solo están en la zona censal 4 de Carlos Dittborn y 1 de Fuerte Ciudadela; el rango Dependencia Demográfica tipificada como “alta” se localizan en el sector central y centro-norte de la ciudad, principalmente en los distritos J. M. Carrera, Población Chile, San José en su totalidad, Condell [zc 2 y 3], Carlos Dittborn [zc 2 y 3], J. M. Balmaceda [zc 1 y 4], entre otros (véase figura N°19). Los lugares de categoría “media” se ubican en la periferia primordialmente en los sectores nororiente, oriente y sur de Arica en los distritos de Azapa [zc 1, 2 y 3], Fuerte Ciudadela [zc 2, 3 y 5], Cancha Rayada [zc 1, 2 y 6] y Pedro Blanquier [zc 4, 6, 7 y 9]. La categoría “baja” Dependencia Demográfica se presenta en los distritos del centro histórico como Puerto y El Morro, además de diversas zonas censales en los distritos de la periferia de Arica; y el intervalo de Dependencia Demográfica catalogado como “muy baja” se halla dispersa en distritos como Azapa, Chinchorro, Fuerte Ciudadela, Pedro Blanquier y Regimiento.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Con respecto a lo anterior, la mayor cantidad de población inactiva o dependiente se concentra en el sector central, centro-norte, oriente y nororiente, agrupando el 42,86% (30) de las zonas censales, en el distrito de Carlos Dittborn [zc 4] está la zona censal más dependiente demográficamente con un valor de 0,650. Por el contrario, la mayor cantidad de población activa o no dependiente está en los distritos cercanos a la línea de costa en los sectores norponiente, centro histórico y sur, además del sector nororiente de la ciudad de Arica, concentrando el 30% (21) de las zonas censales en los sectores antes mencionados, la zona censal que obtuvo un el nivel más bajo de Dependencia Demográfica fue en el distrito de Fuete Ciudadela [zc 6] con un valor de 0,356. Entre los valores extremos de este sub-criterio no se observa una cercanía territorial entre las zonas censales referidas.

**Figura N°19: Dependencia Demográfica por zona censal en la ciudad de Arica**



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**3.1.1.1.2.- Densidad Poblacional**

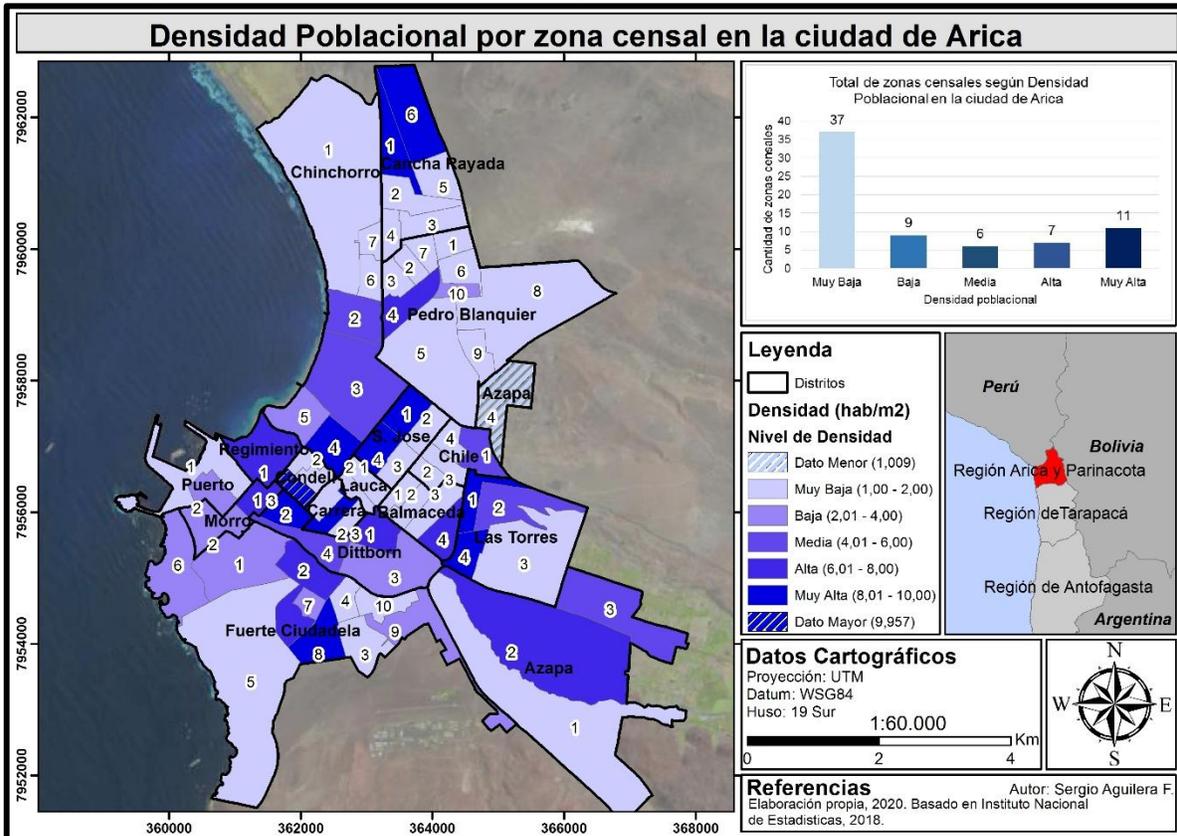
Con relación a la Densidad Poblacional (habitantes por metro cuadrado) se aprecia una predominancia de la categoría de “muy baja” Densidad, la cual corresponde a 37 zonas censales (52,86%), en las siguientes categorías de Densidad “baja”, “media” y “alta” se encasillan 9 (12,86%), 6 (8,57%) y 7 (10%) zonas censales respectivamente, y 11 (15,71%) zonas censales son consideradas Densidad “muy alta” (véase figura N°20).

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Las zonas censales catalogadas en “muy baja” Densidad Poblacional en el intervalo 1,00 - 2,00 hab/m<sup>2</sup> están localizadas principalmente en los sectores centro-norte, nororiente, norponiente, oriente y sur de Arica, en los distritos de Azapa, Chinchorro, Cancha rayada, Fuerte Ciudadela, J. M. Balmaceda, Parque Lauca, Pedro Blanquier y Población Chile (véase figura N°20). Las densidades poblacionales “baja”, “media” y “alta” se ubican esencialmente en el sector centro histórico, central y sur de la urbe, aunque el primero de 2,01 a 4,00 hab/m<sup>2</sup> {“baja”} se encuentra en dos núcleos concentrado, por un lado, se localiza el primer núcleo en los distritos de El Morro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 1 y 6] y Puerto [zc 2], por otro esta Carlos Dittborn [zc 3] y Fuerte Ciudadela [zc 7 y 9], asimismo se suman en esta categoría Chinchorro [zc 5] y Pedro Blanquier [zc 10]. La Densidad Poblacional “media” de 4,01 a 6,00 hab/m<sup>2</sup> están ubicado en diversos distritos sin contigüidad territorial, por ejemplo, Azapa [zc 3], Chinchorro [zc 3 y 4], Carlos Dittborn [zc 4], Las Torres [zc 2] y Población Chile [zc 1]. En la categoría “alta” de 6,01 a 8,00 hab/m<sup>2</sup> están los distritos de Azapa [zc 2], Carlos Dittborn [zc 1], El Morro [zc 1], Fuerte Ciudadela [zc 2], J. M. Balmaceda [zc 4], Pedro Blanquier [zc 4] y Regimiento [zc 1], al igual que las dos categorías anteriores no existe un patrón regular amplio en el emplazamiento de las zonas censales. Las zonas censales de Densidad Poblacional “muy alta” de 8,01 a 10,00 hab/m<sup>2</sup> están presente en variados lugares sin un patrón regular, por ejemplo, en los distritos de Cancha Rayada, Las Torres, San José, entre otros.

La Densidad Poblacional evidencia que en una densidad menor a 4 hab/m<sup>2</sup> agrupa el 65,72% (46) de las zonas censales de Arica, zonas censales que presentan los menores niveles de Densidad Poblacional (< 4 hab/m<sup>2</sup>) se encuentran en todos los sectores urbanos, principalmente se concentra en los sectores nororiente, centro-norte y sur de la zona urbana de Arica. En oposición a esto, la Densidad Poblacional mayor a 6 hab/m<sup>2</sup> congrega una cantidad ampliamente menor de zonas censales, con solo un 25,71% (18) de 70 zonas censales, aunque no hay una regularidad en su distribución, los sectores norponiente y oriente de Arica son los que muestran las densidades poblacionales más altas. Observando los extremos de la Densidad Poblacional, la zona censal 4 del distrito de Azapa obtuvo el valor más bajo con un valor de 1,01 hab/m<sup>2</sup>. Por el contrario, es la zona censal 3 del distrito de Condell, el cual obtuvo el resultado más alto con 9,96 hab/m<sup>2</sup>. Ambas zc se presentan en una relación centro-periferia, Condell está en el sector central y Azapa se halla en la periferia de Arica, en específico en el sector oriente.

Figura N°20: Densidad Poblacional por zona censal en la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 3.1.1.1.3.- Hacinamiento

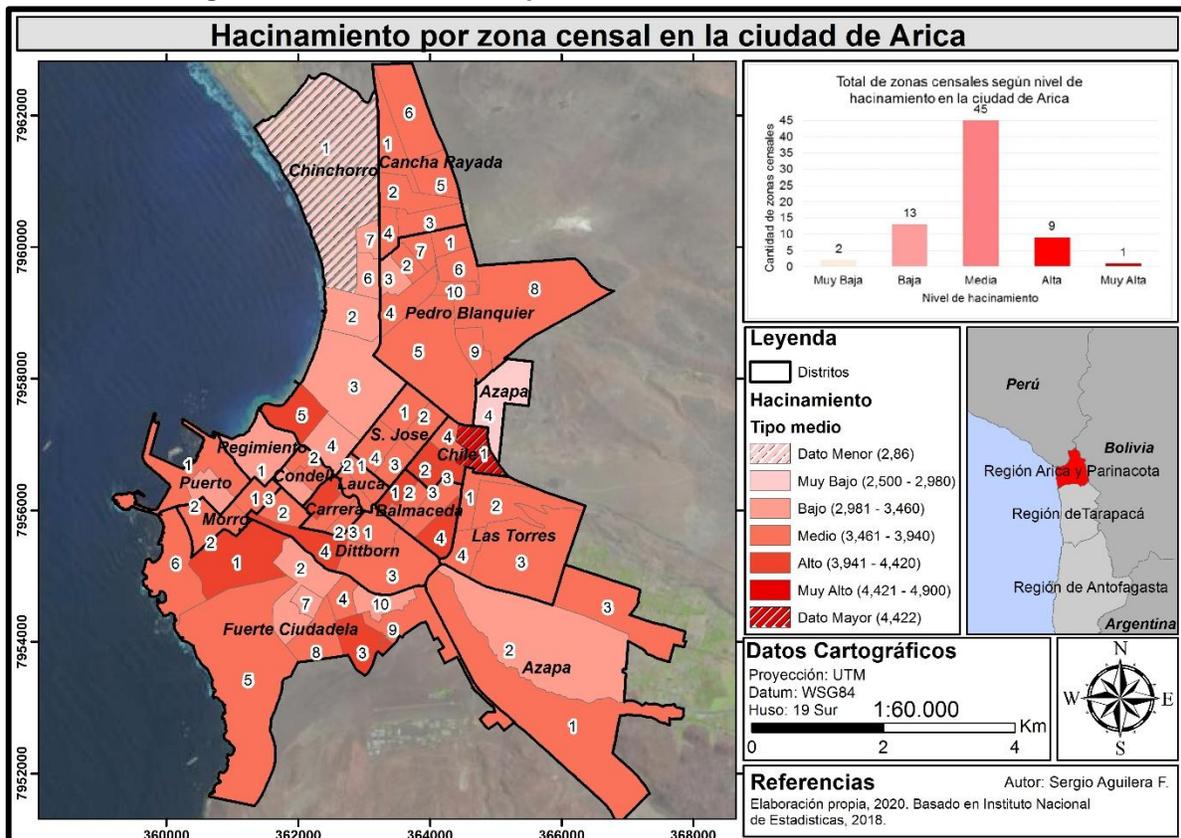
En la ciudad de Arica impera el Hacinamiento medio (entre 3 y 4 personas por dormitorio), en esta categoría se encuentran en 45 zonas censales (64,28%), la condición de Hacinamiento bajo y muy bajo existen 13 (18,57%) y 2 (2,86%) zonas censales respectivamente; mientras que se hallan 9 (12,86%) y 1 (1,43%) zonas censales en las categorías de Hacinamiento alto y muy alto (véase figura N°21).

La distribución del Hacinamiento “medio” es visible en gran parte de los distritos de la ciudad, tales como: El Morro, Cancha Rayada, Las Torres, Parque Lauca, Pedro Blanquier y San José en su totalidad de zonas censales, también considera otros como Condell [zc 1 y 2], Carlos Dittborn [zc 1, 2 y 3], J. M. Balmaceda [zc 2 y 3] y J. M. Carrera [zc 2 y 3] (véase figura N°21). El Hacinamiento “muy bajo” se localizan en los distritos de Azapa [zc 4] y Chinchorro [zc 1]. Los distritos de Chinchorro [zc 2, 3, 4, 6 y 7], Fuerte Ciudadela [zc 2, 7 y 10], Regimiento [zc 1] y otras zonas censales diseminadas en la ciudad, es factible encontrar Hacinamiento “bajo”. La clasificación “alto” se concentra en parte en el sector centro-norte en los distritos de J. M. Balmaceda [zc 1 y 4] y Población Chile [zc 2 y 3], otros están repartidos en Carlos Dittborn, Chinchorro, Fuerte Ciudadela, J. M. Carrera. En la categoría de Hacinamiento “muy alto” se ubica en la zona censal 1 del distrito Población Chile.

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

El sub-criterio de Hacinamiento demuestra que tres distritos Azapa, Chinchorro y Regimiento, tienen una situación de menor hacinamiento considerando las zonas censales con un valor menor 3,5 personas residentes por vivienda, este valor (< 3,5 hab) congrega el 21,43% (15) de las zonas censales de Arica. Por el contrario, el distrito de Población Chile dentro de Arica es el que mayor hacinamiento alcanza de los 16 distritos urbanos, asimismo al tomar en cuenta las categorías “alto” y “muy alto” (> 3,94 hab) se observan solo 14,29% (10) de las zonas censales. En relación a lo anterior, Arica mediante este sub-criterio evidencia una inclinación a tener un Hacinamiento de medio a muy bajo. Los valores extremos de Hacinamiento obtenidos en este sub-criterio están en la periferia de Arica, tanto el dato menor correspondiente al valor 2,86 Chinchorro [zc 1] como el dato de mayor valor 4,42 Población Chile [zc 1].

Figura N°21: Hacinamiento por zona censal en la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

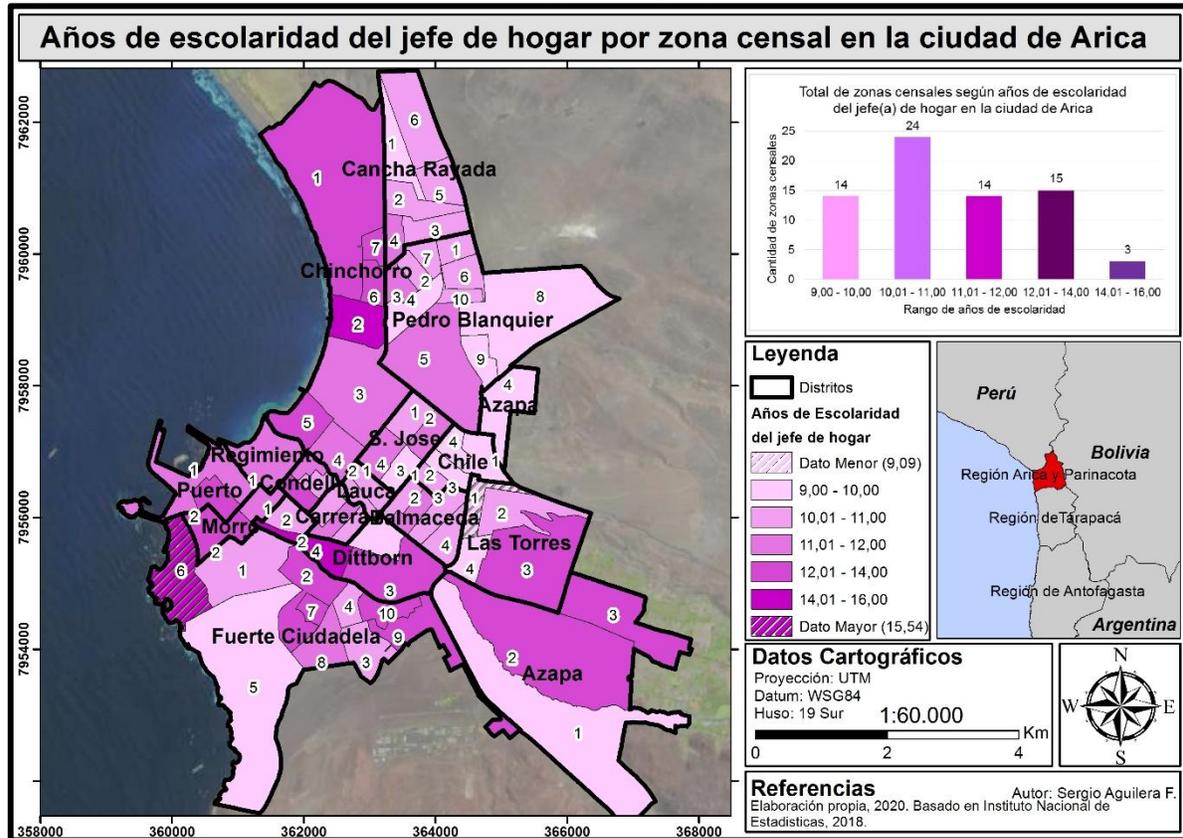
#### **3.1.1.1.4.- Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar**

En el sub-criterio de Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar, el rango con mayor cantidad de zonas censales en la ciudad de Arica es [10,01 - 11,00] con 24 (34,28%), los intervalos siguientes de menor a mayor por cantidad de zonas censales son [9,00 – 10,00], [11,01 – 12,00], [12,01 – 14,00] y [14,01 – 16,00] obteniendo 14 (20%), 14 (20%), 15 (21,43%) y 3 (4,29%) respectivamente (véase figura N°22).

Los distritos que contienen el rango [9,00 – 10,00] de Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar, principalmente están ubicados en los sectores centro-norte y periféricos tales como nororiente, oriente y sur, donde hay mayor zonas censales pertenecientes a este intervalo, destaca Población Chile que mantiene 3 de 4 zonas censales en esta categoría. Las zonas censales dentro de [10,01 - 11,00] están en los sectores nororiente, centro-norte, central y sur de Arica, en distritos como Cancha Rayada, Pedro Blanquier, San José, J. M. Balmaceda, Parque Lauca, J. M. Carrera, Carlos Dittborn y Fuerte Ciudadela (véase figura N°22). El intervalo [11,01 – 12,00] está más concentrado en los sectores de centro histórico y norponiente, distritos de Puerto, El Morro, Regimiento y Chinchorro. Los rangos siguientes [12,01 – 14,00] y [14,01 – 16,00] están localizados especialmente en los sectores de la línea de costa, central, oriente y sur; Por un lado, los años de escolaridad de [12,01 – 14,00] se halla en los distritos de Chinchorro, El Morro, Puerto, Carlos Dittborn, Condell, Fuerte Ciudadela, Azapa, Las Torres y por otro, el rango [14,01 – 16,00] años de escolaridad solo se presentan en tres zonas censales Chinchorro [zc 2], Carlos Dittborn [zc 4] y Fuerte Ciudadela [zc 6]. En relación a los valores extremos de los años de escolaridad del jefe(a) de hogar, por una parte, está la zona censal 1 el distrito de Las Torres con el menor valor 9,09 años de escolaridad de los jefes(as) de hogar, y por otra parte es la zona censal 6 en Fuerte Ciudadela, el que obtuvo mayor valor en este sub-criterio con 15,54 años de escolaridad de los jefes(as) de hogar.

Las Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar que son menores a 12 años de instrucción formal (término de la Enseñanza Media) en Arica concentra el 74,28% (52) de las zonas censales, además territorialmente se vislumbran en todos los sectores urbanos de la ciudad, excluyendo sectores como el centro histórico y norponiente. En comparación a lo anterior, las zonas censales donde el jefe(a) de hogar contempla una educación mayor a los 12 años de estudio, agrupa el 25,72% (18) de las zonas censales, la cuales se encuentran distribuidas en el área norponiente, centro histórico, central, oriente y sur. Los datos extremos del sub-criterio, ambos se localizan en la periferia de la ciudad, sin embargo tienen una posición opuesta, mientras uno está en la zona costera próximo al centro (15,54 años de escolaridad), el otro está en el extremo oriental de la ciudad y destacar que es el de menor cantidad de Años de Escolaridad de los Jefes(as) de Hogar (9,09 años de escolaridad).

Figura N°22: Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar por zona censal en la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 3.1.1.1.5.- Sub-criterios de Educación

Los sub-criterios de educación en Arica demuestran la distribución y localización de las Personas con Estudios Universitarios y al mismo tiempo, de los Habitantes que Nunca Asistieron a la Educación Formal.

Respecto de las Personas con Estudios Universitarios predomina la categoría de 1,01 a 2,00 Personas con Estudios Universitarios por cada 10 individuos, hay 29 zonas censales del territorio (41,42%) que poseen este rango, además la distribución de esta clasificación existe en la zona nororiente, centro-norte, oriente y sur de la ciudad, entre los distritos destacan Cancha Rayada, Carlos Dittborn, Pedro Blanquier, Población Chile (totalidad de las zonas censales), Las Torres y Fuerte Ciudadela. Hay 27 zonas censales (38,57%) catalogados entre 2,01 a 3,00 Personas con Estudios Superiores por cada 10 habitantes, concentradas en los distritos de Chinchorro, Condell, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Parque Lauca, Regimiento y San José. La clasificación de 3,01 a 4,00 individuos con estudios superiores por cada 10 habitantes, se presenta en 9 zona censal (12,86%) en los distritos de El Morro, Fuerte Ciudadela, Puerto, entre otros. El intervalo 4,01 a 6,00 contempla 3 zonas censales (4,29%) se vislumbra en los distritos de Azapa [zc 2], Carlos Dittborn [zc 4] y Fuerte Ciudadela [zc 6]; y en la situación opuesta del sub-criterio, el rango

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

0,51 – 1,00 personas con estudios universitarios por cada 10 individuos contemplo solo 2 zonas (2,86%) localizados en Azapa [zc 4] y Fuerte Ciudadela [zc 2] (véase figura N°23). El 44,28% (31) de las zonas censales tienen 2 o menos personas con estudios universitarios por cada 10 individuos, concentra su presencia principalmente en las áreas periféricas de Arica. A diferencia de lo anterior y en menor medida, solo el 15,15% (11) de las zonas censales exponen a través de este sub-criterio el mayor número de habitantes con estudios universitarios (> 3 hab.), se centra en un núcleo y otras zonas censales diseminadas en el sector norponiente y oriente, el núcleo está en el centro histórico, al igual que en Carlos Dittborn [zc 4] y Fuerte Ciudadela [zc 6]. En relación a los valores extremos de la tasa de universitarios por cada 10 habitantes, por una parte, está la zona censal 4 el distrito de Azapa con el menor valor 0,595 habitantes, número muy inferior al que se observa en la zona censal 6 en Fuerte Ciudadela, el que obtuvo mayor valor en este sub-criterio con 5,741 personas con estudios universitarios por cada 10 individuos. Estas zonas censales con valores extremos, además de poseer una diferencia de 6 individuos con estudios superiores se hallan en zonas opuestas de Arica, uno en el límite oriente y el otro en el área de la línea de costa próximo al centro histórico (véase figura N°23).

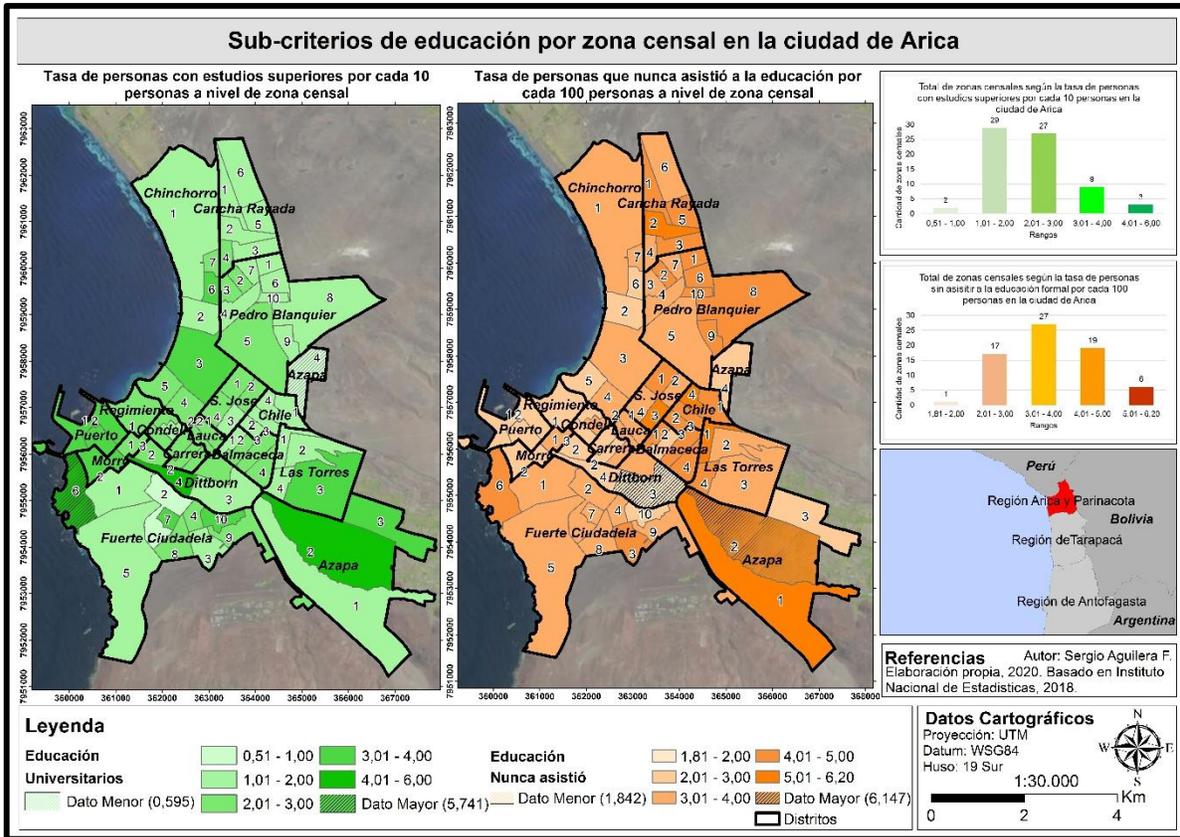
Acerca de las Personas que Nunca Asistieron a la Educación Formal, la principal categoría en la ciudad de Arica es de 3,01 a 4,00 por cada 100 habitantes, se observan 27 zonas censales (38,57%), ubicados en los sectores norponiente, nororiente, centro-norte, oriente y sur de Arica, abarcando los distritos de Chinchorro, Cancha Rayada, Fuerte Ciudadela, Las Torres, Parque Lauca, Pedro Blanquier y San José (véase figura N°23). El rango 4,01 a 5,00 individuos sin asistir a la educación formal por cada 100 personas; existen 19 zonas censales (27,14%) en esta clasificación y se encuentran en el sector centro-norte y nororiente principalmente, en los distritos de Cancha Rayada, J. M. Balmaceda, Población Chile y Pedro Blanquier en su mayoría. El intervalo 5,01 – 6,20 está presente en 6 zonas censales, en los distritos de Azapa [zc 1 y 2], Cancha Rayada [zc 2], Las Torres [zc 1], Población Chile [zc 4] y San José [zc 3]. En el rango 2,01 – 3,00 personas por cada 100 ariqueños, se vislumbra en 17 zonas (24,29%), localizados en los sectores centro histórico y central de la urbe, abarcando los distritos de Carlos Dittborn, Condell, El Morro, J. M. Carrera, Puerto y Regimiento. Por último, la categoría de 1,81 a 2,00 habitantes que nunca asistieron a la educación formal por cada 100 individuos, se halla en una zona censal (1,43%), en el distrito Carlos Dittborn [zc 3] (véase figura N°23).

Este sub-criterio está posicionado en su mayoría en el centro con el rango de 3,01 a 4,00 por cada 100 habitantes, sin embargo por sobre el valor de 4 habitantes, está el 35,71% (25) de las zonas censales de la ciudad, localizadas en los sectores centro-norte, nororiente, oriente y sur; por el contrario, al observar el 25,72% (18) de las zonas censales que corresponden a menos de 3 habitantes que declararon nunca asistir a la educación formal de cada 100, se hallan primordialmente en los sectores del centro histórico y central, asimismo esparcidas en otras áreas de Arica. Lo anterior expresa, una relación centro-periferia, por un lado, hay un centro con una menor cantidad de habitantes por cada 100 que nunca asistieron a la educación formal y por otro lado existe una periferia donde se

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

observan el mayor número de personas sin haber asistido a la educación formal. Respecto de los valores extremos, se vislumbra una contigüidad territorial entre el mayor valor que corresponde a 6,147 habitantes de cada 100 en la zona censal 2 del distrito de Azapa y el menor que es 1,842 habitantes de cada 100 que expresaron nunca haber asistido a la educación formal, en la zona censal 4 de Carlos Dittborn (véase figura N°23).

**Figura N°23: Sub-criterios de Educación por zona censal en la ciudad de Arica**



*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

**3.1.1.2.- Criterio Infraestructura**

Entre los aspectos aplicados en este criterio se halla la materialidad de las viviendas, que se mide de acuerdo con el material utilizado en pisos, paredes y techo, asimismo se consideró el precio de la luz eléctrica cancelado por habitante en las distintas zonas censales.

**3.1.1.2.1.- Materialidad de la Vivienda**

Los sub-criterios de materialidad en la ciudad de Arica expresan un claro predominio de construcciones con materiales aceptables (véase figura N°25), seguido de las construcciones con categoría de recuperable y en menor medida se observa las viviendas irrecuperables (véase figura N°24).

**Figura N°24: Ejemplos de tipos de viviendas en Arica.**



Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.

La Tasa de Materialidad Aceptable (TMA) demuestra que la mayor concentración de las viviendas construidas con materiales aceptables se agrupa en la categoría 8,01 – 9,00 casas aceptables por cada 10 viviendas, con un total de 23 zonas censales (32,86%), estas están diseminadas por toda la ciudad sin un patrón regular, los distritos con mayor presencia de este intervalo son Condell, Fuerte Ciudadela, Pedro Blanquier, Regimiento y San José (véase figura N°25). La segunda mayor cantidad de viviendas catalogadas aceptables está en el rango 7,01 a 8,00 con 19 zonas censales (27,14%) su disposición en Arica esta esencialmente en distritos como Cancha Rayada, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Parque Lauca, Las Torres, entre otros. El tercer grupo de viviendas aceptables se concentran en el intervalo 6,01 – 7,00 con 14 zonas censales (20%) extendidas por Arica, siendo el distrito de Población Chile, donde se congrega más zc en esta categoría. Las dos grupos restantes 9,01 – 10,00 y 5,01 – 6,00 son los con menor cantidad de zonas censales 11 (15,71%) y 3 (4,29%) respectivamente; el primero presente en 5 distritos Cancha Rayada [zc 4], Carlos Dittborn [zc 3 y 4], Chinchorro [zc 1, 2, 6 y 7], Fuerte Ciudadela [zc 7 y 10] y Pedro Blanquier [zc 3 y 10], mientras que el segundo intervalo solo aprecia en 2 distritos Azapa [zc 1 y 4] y Población Chile [zc 1] (véase figura N°25).

La TMA muestra que Arica se compone principalmente de viviendas consideradas aceptables, pues el valor menor de este sub-criterio da como resultado 5,19 viviendas, localizándose en la zona censal 4 del distrito de Azapa. Al mismo tiempo, el valor más alto demostrado en este sub-criterio, está ubicado en distrito de Chinchorro [zc 1] con 9,89 viviendas de cada 10. Los extremos de la TMA están presente en la periferia de la ciudad, tanto en el sector oriente como en el sector norponiente. La TMA evidencia que los rangos de viviendas aceptables mayores a 8 viviendas, agrupa el 48,57% (34) de zonas censales, tiene una amplia presencia en todos los sectores de la ciudad. En oposición a lo anterior, el 20% (14) de las zonas censales se categorizan por debajo de las 7 y sobre 5 viviendas aceptables de cada 10. Estas zonas censales están presentes en 5 sectores, los cuales son centro histórico, central, centro-norte, oriente y sur, y son los sectores centro-norte y oriente donde se tienen los menores resultados de viviendas aceptables.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

La Tasa de Materialidad Recuperable (TMR) indica que la mayor presencia de viviendas recuperables se reúne en el rango de 1,01 a 2,00 viviendas construidas con materiales recuperables, hay 26 zonas censales (37,14%) en esta clasificación y se hallan dispersas en toda la ciudad, tomando relevancia en los distritos de Condell, Fuerte Ciudadela, Pedro Blanquier, Puerto, Regimiento, San José, entre otros (véase figura N°25). En la categoría 2,01 a 3,00 viviendas recuperables por cada 10 viviendas, existe un total de 21 zonas (30%) también ampliamente distribuida en los distritos de Azapa, Cancha Rayada, J. M. Balmaceda, Parque Lauca, Las Torres, etc. La tercera mayoría va de 0,00 a 1,00 con 14 zonas censales (20%), evidenciándose territorialmente en los distritos de Cancha Rayada, Carlos Dittborn, Chinchorro, Fuerte Ciudadela y Pedro Blanquier. Los intervalos con menor presencia en Arica son 3,01 – 4,00 con 8 zonas censales (11,43%) presentes en los distritos Carlos Dittborn [zc 1], El Morro [zc 1], J. M. Carrera [zc 2], Población Chile [zc 1, 3 y 4], Pedro Blanquier [zc 9] y San José [zc 3], finalmente solo hay una zona censal (1,43%) entre 4,01 – 5,00, en el distrito de Azapa [zc 4].

La TMR expresa que el 57,14% (40) de las zonas censales se encuentra por debajo de las 2 viviendas recuperables de cada 10. Estas zonas censales están localizadas en 5 sectores, los cuales son centro histórico, central, norponiente, nororiente y sur, y es el sector norponiente donde se tienen los menores resultados de viviendas recuperables. En la situación contraria, las zonas censales mayor a 3 y menor a 5, solo agrupan el 12,86% (12) de las zonas censales, lo que muestra que Arica tiene pocas áreas y viviendas consideradas recuperables dentro de la zona urbana. Los valores extremos de TMR se posicionan en la periferia de la ciudad, uno en el sector oriente, en el distrito de Azapa [zc 4] con el resultado más alto de 4,37 viviendas recuperables de cada 10 y el otro en el sector norponiente, distrito de Chinchorro [zc1] obteniendo el valor más bajo del TMR de 0,06 viviendas recuperables de cada 10.

La Tasa de Materialidad Irrecuperable (TMI) está centrada en la categoría de 0,00 a 1,00 viviendas irrecuperables cada 10 viviendas, existen 69 zonas censales (98,57%) con esta clasificación, emplazadas en toda la ciudad de Arica (véase figura N°25). En el intervalo 1,01 - 2,00 viviendas irrecuperables, hay solo una zona censal (1,43%), en el distrito de Azapa [zc 1].

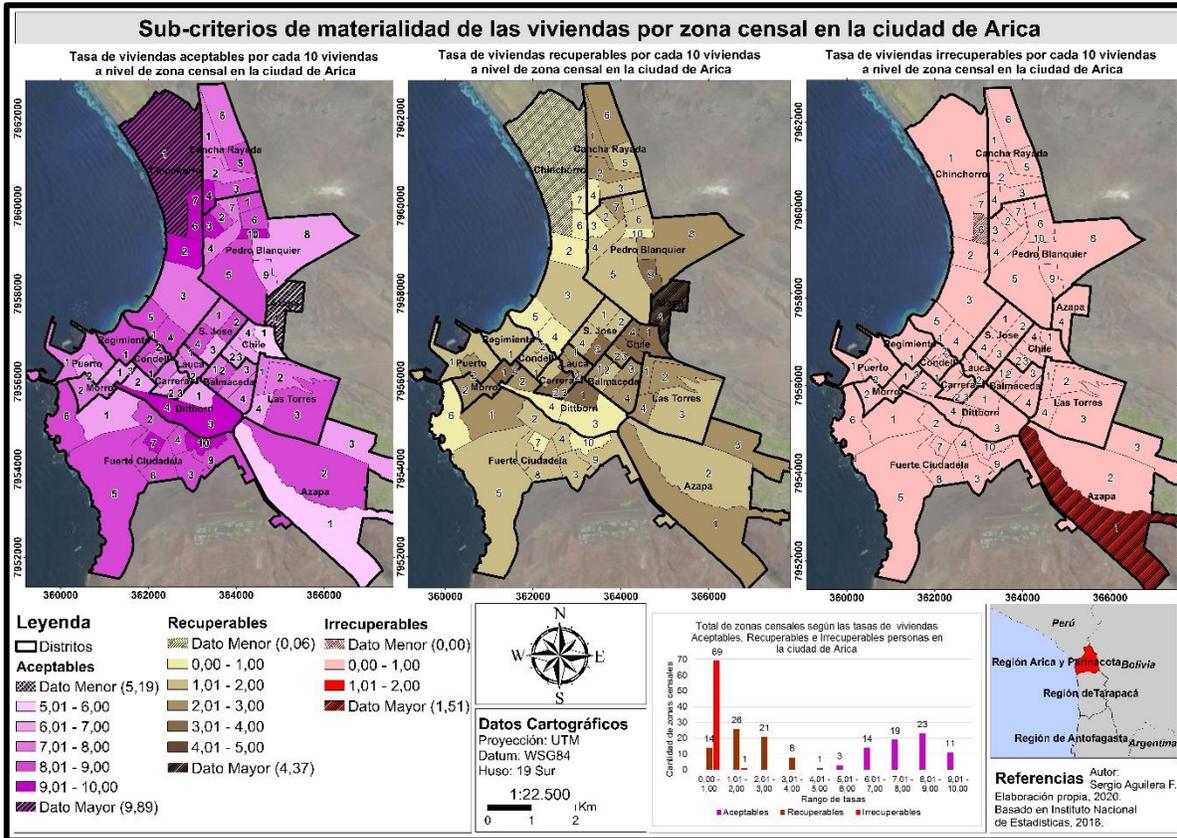
La TMI expresa que Arica tiene una reducida cantidad de viviendas consideradas irrecuperables, puesto que el 98,57% (69) de las zonas censales dan como resultado menos de 1 vivienda irreparable de cada 10. Cabe destacar que hay zonas censales de Arica, como Chinchorro [zc 6] que no presenta viviendas consideradas irrecuperables en toda la zona censal. En Arica solo en el distrito de Azapa [zc 1], es posible hallar 1,51 viviendas irrecuperables. Los valores extremos de TMI están localizados en la periferia de Arica, en el sector norponiente y oriente de la urbe.

Los sub-criterios de materialidad TMA, TMR y TMI son complementarios, pues al visualizar los tres sub-criterios se muestra la situación general de las viviendas en Arica, cabe

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

destacar los casos de las zonas censales Azapa [zc 4] y Chinchorro [zc1], ambos son valores extremos en TMA y TMR, si se suman ambos sub-criterios de cada zona censal antes mencionada, resultan 9,56 y 9,95 respectivamente entre viviendas aceptables y recuperables, lo que demuestra una mínima cantidad de viviendas irre recuperables.

**Figura N°25: Sub-criterios de Materialidad de Viviendas por zonas censal en Arica**



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**3.1.1.2.2.- Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona**

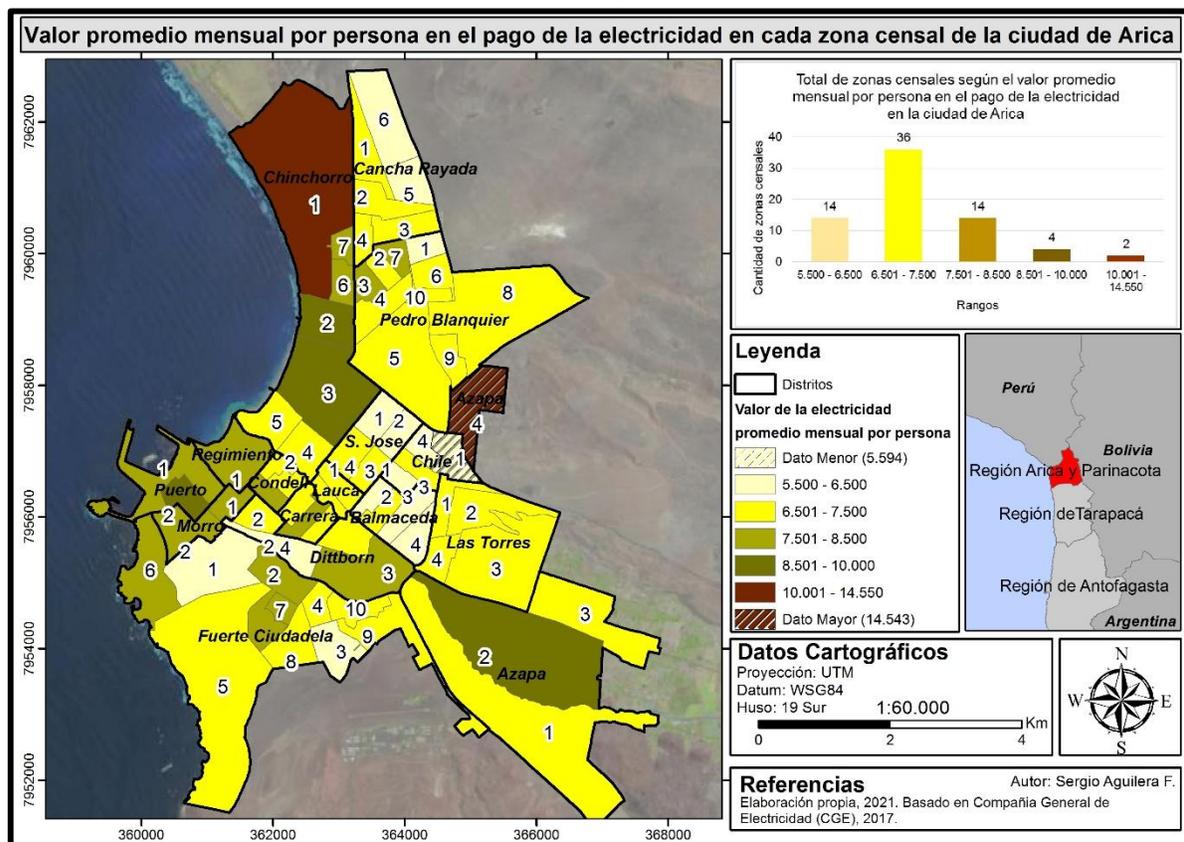
El Valor Promedio Mensual por Persona en el pago de la electricidad para el año 2017 demuestra que la mayor concentración de zonas censales está en el intervalo, de \$6.501 – \$7.500 pesos con un total de 36 zonas (51,43 %). Este rango está distribuido principalmente en los sectores centro-norte, nororiente, oriente y sur de Arica, abarca los distritos de Azapa, Cancha Rayada, Fuerte Ciudadela, Las Torres, Parque Lauca, Pedro Blanquier y San José (véase figura N°26). Los intervalos \$5.500 – \$6.500 y \$7.501 – \$8.500 pesos poseen la cantidad de 14 zonas censales (20 %) cada uno. El primero se presenta territorialmente en el sector centro-norte y otros distritos de la periferia, ejemplos son los distritos de Cancha Rayada [zc 5 y 6], Fuerte Ciudadela [zc 1 y 3] y Pedro Blanquier [zc 1]; mientras que el segundo, si bien, está presente en toda la ciudad, la mayoría está en el sector centro histórico en los distritos de El Morro, Puerto y Regimiento. El rango \$8.501 – \$10.000 pesos exhibe 4 zonas censales (5,71%), se hallan en los distritos de Azapa [zc 2], Chinchorro [zc

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

2 y 3] y Puerto [zc 2]. Por último la categoría \$10.001 – \$14.550 pesos se observa solo en 2 zonas censales (2,86%) pertenecientes a Azapa [zc 4] y Chinchorro [zc 1].

La ciudad de Arica agrupa un 71,43% (50) de las zonas censales por debajo de los \$7.500 pesos en el pago de la electricidad consumida, lo cual comprende casi la totalidad territorial de la urbe, exceptuando el sector del centro histórico. El sector de la ciudad antes mencionado junto a los distritos de Azapa y Chinchorro, tienen los valores de pago por electricidad más alto de Arica superando los \$7.500 pesos; por ejemplo, la zona censal 4 de Azapa obtiene el promedio mensual por pago de electricidad más elevado que corresponde a \$14.542 pesos y le sigue Chinchorro [zc 1] con \$11.064 pesos promedio mensual por pago de electricidad. En una situación contraria a los valores antes señalados, están los distritos de Población Chile [zc 1] con \$5.594 pesos y J. M. Balmaceda [zc 4] cancelan \$5.881 pesos por pago promedio mensual de electricidad por persona. Al interior de la ciudad de Arica se advierte una diferencia de \$8.948 pesos entre la zona censal que más paga promedio por el consumo eléctrico respecto de la zona censal con menor pago.

**Figura N°26: Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona año 2017, por zona censal en Arica.**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **3.2.- Objetivo N°2 “Determinar los sub-criterios externos de un hogar de Arica a través de los criterios climático y geográfico relacionados a la VET”**

#### **3.2.1.- Criterios Externos de la VET**

La morfología urbana, la concentración y distribución de elementos en el interior de las ciudades, provocan cambios en su clima regional y local (Oke, 1987), por lo que establecer la concentración y distribución de las entidades modificadoras del clima permite comprender el comportamiento de fenómenos como la isla de calor. Es por lo anterior, que es relevante revisar tanto el Criterio Climático como Geográfico de una ciudad, considerando sub-criterios como la altura de las construcciones, exposición al sol, pendiente en la ciudad, proximidad al mar, presencia de áreas verdes, temperatura urbana, entre otras.

##### **3.2.1.1.- Criterio Climático**

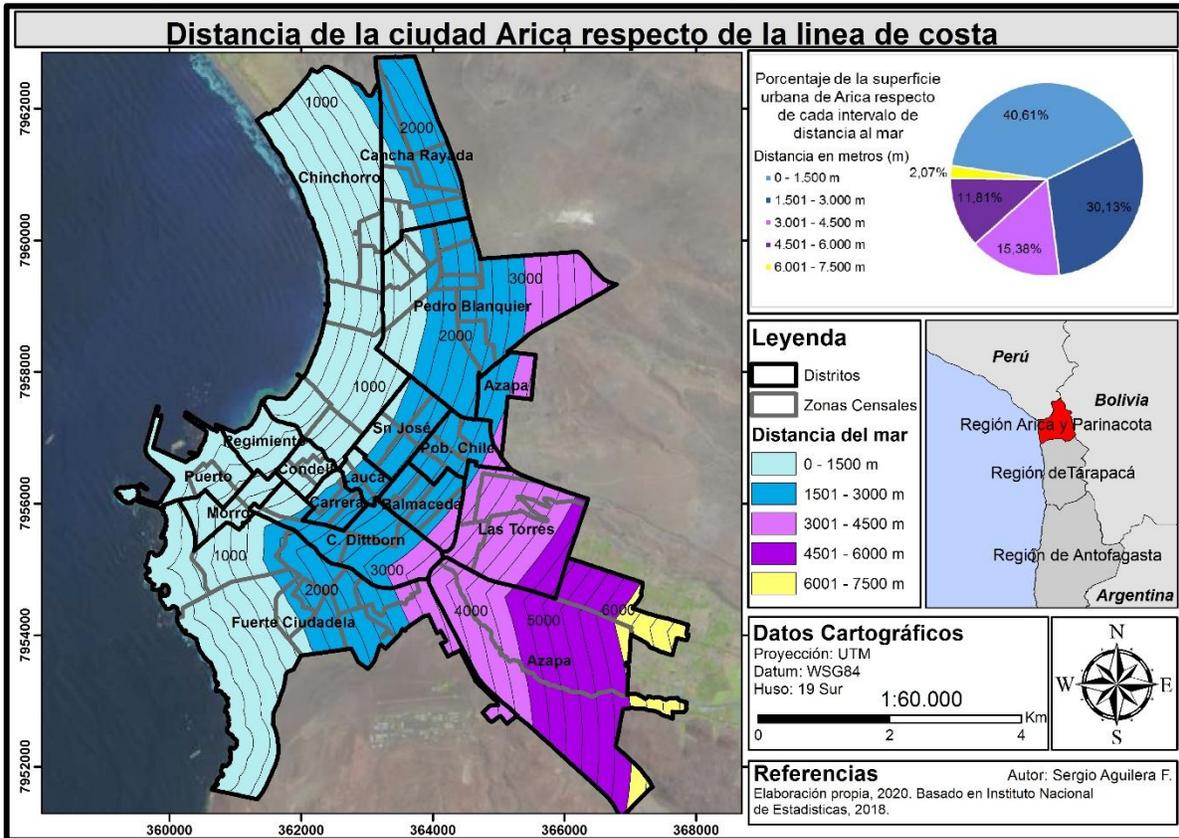
El área urbana de Arica contempla elementos relevantes como su proximidad al mar, las áreas verdes, la temperatura urbana, son algunos de los factores que configuran el Criterio Climático.

##### **3.2.1.1.1.- Distancia respecto del Mar**

En relación con la Distancia al Mar o línea de costa, Arica posee este factor climático de gran importancia como es el mar que modera el clima cercano, que en esta latitud posee una temperatura superficial de 17,1°C (SHOA, 2014). El 70,74% del territorio urbano se halla a una distancia de máxima de 3.000 metros del mar (véase figura N°27), los intervalos 0 - 1.500 metros y 1.501 – 3.000 metros corresponden al 40,61% y 30,13% de la superficie de la ciudad respectivamente. Entre 3.001 y 7.500 metros se encuentra el 29,5% de la superficie urbana de Arica. Las categorías 3.001 – 4.500 metros, 4.501 – 6.000 metros y 6.001 – 7.500 metros representan un 15,38%, 11,81% y 2,07% respectivamente de la superficie.

El intervalo de la distancia del mar 0 - 1.500 metros contempla dos sectores de Arica en su totalidad, los cuales son centro histórico (El Morro, Puerto y Regimiento) y norponiente (Chinchorro), también atraviesa otros cuatro sectores urbanos. El rango 1.501 – 3.000 metros abarca principalmente los sectores urbanos nororiente (Cancha Rayada y Pedro Blanquier), centro-norte (J. M. Balmaceda, Parque Lauca, Población Chile y San José), central (Carlos Dittborn y J. M. carrera) y sur (Fuerte Ciudadela). En la categoría 3.001 – 4.500 metros comprenden solo el sector oriente de Arica, los distritos de Azapa y Las Torres, asimismo los distritos de Carlos Dittborn, Fuerte Ciudadela, J. M. Balmaceda y Población Chile. Por último, los intervalos 4.501 – 6.000 metros y 6.001 – 7.500 metros se hallan en el sector oriente (Azapa y Las Torres).

Figura N°27: Distancia de la ciudad de Arica respecto de la línea de costa



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 3.2.1.1.2.- SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo)

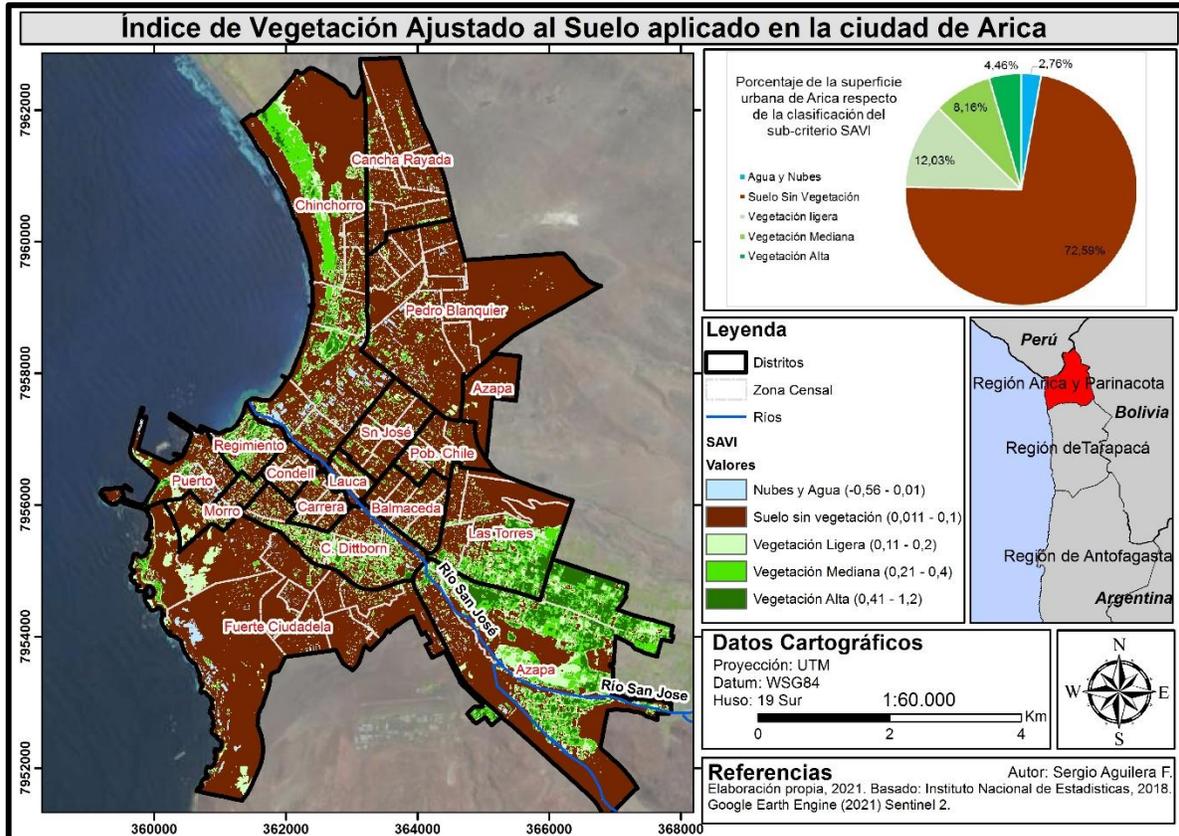
Mediante el SAVI se evidencia la ubicación y densidad de vegetación en zonas áridas, muestra que en Arica predomina la clasificación de suelo sin vegetación con 72,59% (31,58 km<sup>2</sup>) de la superficie urbana de Arica, esta clasificación considera el espacio construido y suelo desprovisto de vegetación (véase figura N°28), además evidencia que en Arica el 24,64% (10,72 km<sup>2</sup>) de la superficie total de la ciudad corresponde a vegetación. Los lugares donde son más abundante los suelos sin vegetación son en los sectores nororiente (Cancha Rayada y Pedro Blanquier) y sur (Fuerte Ciudadela).

En relación a la vegetación de Arica, esta se concentra y localiza principalmente en los sectores junto al trayecto del río San José y en el borde costero. La Vegetación Ligera es la más extendida en los distritos de la ciudad y abarca un 12,03% (5,23 km<sup>2</sup>) de la superficie urbana, la presencia de esta clasificación es copiosamente visible en Azapa, Carlos Dittborn, Puerto y Regimiento. La Vegetación considerada Mediana en la clasificación de Martínez-Menes *et al.* (2015) se halla en el borde costero y el río San José en los distritos de Azapa, Carlos Dittborn, Chinchorro, Condell, Fuerte Ciudadela, J.M. Balmaceda, J. M. Carrera, Las Torres, Parque Lauca, Puerto y Regimiento; La Vegetación Mediana comprende un 8,16% (3,55 km<sup>2</sup>) del área urbana de Arica. Por último, Vegetación Alta

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

contempla el 4,46% (1,94 km<sup>2</sup>) y se ubica en las proximidades de la desembocadura río San José en los distritos de Chinchorro y Regimiento en el borde costero, y también en la periferia oriente en los distritos de Azapa y Las Torres en el sector del río San José y alrededores (véase figura N°28).

**Figura N°28: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) aplicado a la ciudad de Arica**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**3.2.1.1.3.- Sub-criterios de Áreas Verdes**

Referido a las áreas verdes, Arica posee 13,61 Km<sup>2</sup> lo que representa 32,79% del área urbana (véase figura N°30). La ciudad costera tiene una distribución de áreas verdes desigual en su territorio urbano, concentrando los espacios verdes de mayor extensión en la periferia y de menor superficie en los sectores centrales y consolidados de la ciudad, cabe destacar que Arica está en una zona climática árida y se propician grandes contraste en sus áreas verdes entre lugares cercanos (véase figura N°29).

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°29: Contraste de las áreas verdes en la ciudad de Arica.



Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.

En relación al Porcentaje de Superficie que representan las Áreas Verdes dentro de cada Zona Censal expresa la desigualdad interna antes referida. En el rango de 0 a 15% de la superficie con áreas verdes dentro de la zona censa se agrupan 46 (65,72%) zonas censales, las cuales representa la mayor cantidad de las zonas en Arica (véase gráfico N°6). Los rangos de superficie que siguen tienen menor presencia dentro de la ciudad, obteniendo 8 (11,43%) zonas censales para el rango 15,1 – 30%, 5 (7,14%) zonas en el intervalo 30,1 – 45%, 7 (10%) zonas censales en la categoría 45,1 – 60% y por último 4 (5,71%) zonas censales en el rango 60,1 – 75%.

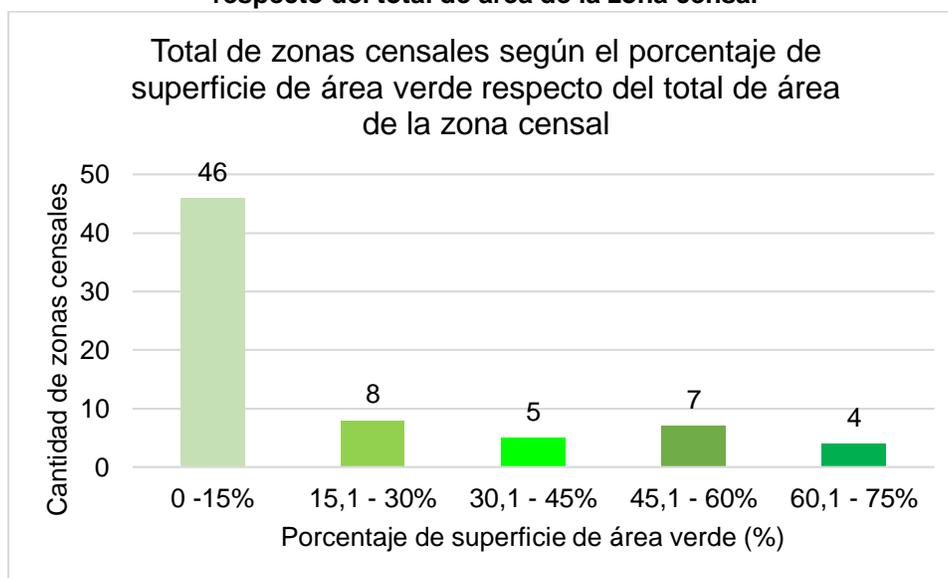
La distribución del rango 0 – 15% es visible en gran parte de los distritos de la ciudad, además está presente en los 16 distritos, juntamente existen distritos como Carlos Dittborn, Condell, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Parque Lauca, Regimiento y San José con la totalidad de zonas censales en esta categoría (véase figura N°30). El intervalo 15,1 – 30% se localizan en los sectores centro histórico, norponiente, nororiente y oriente, en los distritos de Cancha Rayada [zc 1 y 3], Chinchorro [zc 2, 3, 5 y 6], Las Torres [zc 2] y Puerto [zc 1]. Las zonas censales categorizadas entre 30,1 – 45% están ubicada en los sectores oriente y sur, en los distritos de Azapa [zc 1 y 4] y Fuerte Ciudadela [zc 3, 8 y 9]. El intervalo 30,1 – 45% se concentra en los sectores centro histórico, centro-norte, nororiente, oriente y sur, en los distritos de Cancha Rayada [zc 6], Fuerte Ciudadela [zc 1 y 2], El Morro [zc 2], Las Torres [zc 2], Pedro Blanquier [zc 4] y Población Chile [zc 1]. Finalmente, el rango 60,1

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

– 75% está presente en los sectores de la periferia norponiente, nororiente y sur, en los distritos de Chinchorro [zc 1], Fuerte Ciudadela [zc 5 y 6] y Pedro Blanquier [zc 8] (véase figura N°30).

Considerando que la distribución y los porcentajes de superficie, expresan que las zonas censales mayores al 45% de superficie de área verde respecto del total de área de la zona censal representan solo 15,71% (11) de las zonas censales y están mayoritariamente en la periferia, reflejo de aquello es la zona censal 1 del distrito de Chinchorro que obtuvo el máximo valor de 72,2% del sub-criterio, y por el contrario, las zonas censales menores al 30% de superficie de área verde respecto del total de área de la zona censal son el 77,14% (54) del total de zonas y abarcan tanto los sectores del centro como los sectores periféricos siendo esta expresión porcentual territorialmente mayor; en Arica se halla el valor menor del sub-criterio en el distrito J. M. Carrera [zc 1] con un 0,14% (véase figura N°30 y grafico N°6).

**Gráfico N°6: Total de zonas censales según el porcentaje de superficie de área verde respecto del total de área de la zona censal**



*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

De la interacción entre la cantidad de metros cuadrados de área verde y los habitantes de Arica, se observa una disposición de zonas censales con mayor superficie de área verde por habitante en la línea de costa y en los bordes periféricos de la zona urbana. También existe expresa una marcada diferencia en la distribución de zonas censales respecto del porcentaje de superficie de áreas verdes en proporción a la superficie de la zona censal.

Las zonas censales entre 0,00 y 10,00 m<sup>2</sup>/hab son 34 (48,57%) y están localizadas principalmente en los sectores central, centro-norte y nororiente de Arica, en los distritos de Carlos Dittborn, Cancha Rayada, Condell, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Pedro Blanquier, San José, entre otros (véase figura N°30). El intervalo 10,01 y 25,00 m<sup>2</sup>/hab contempla 10

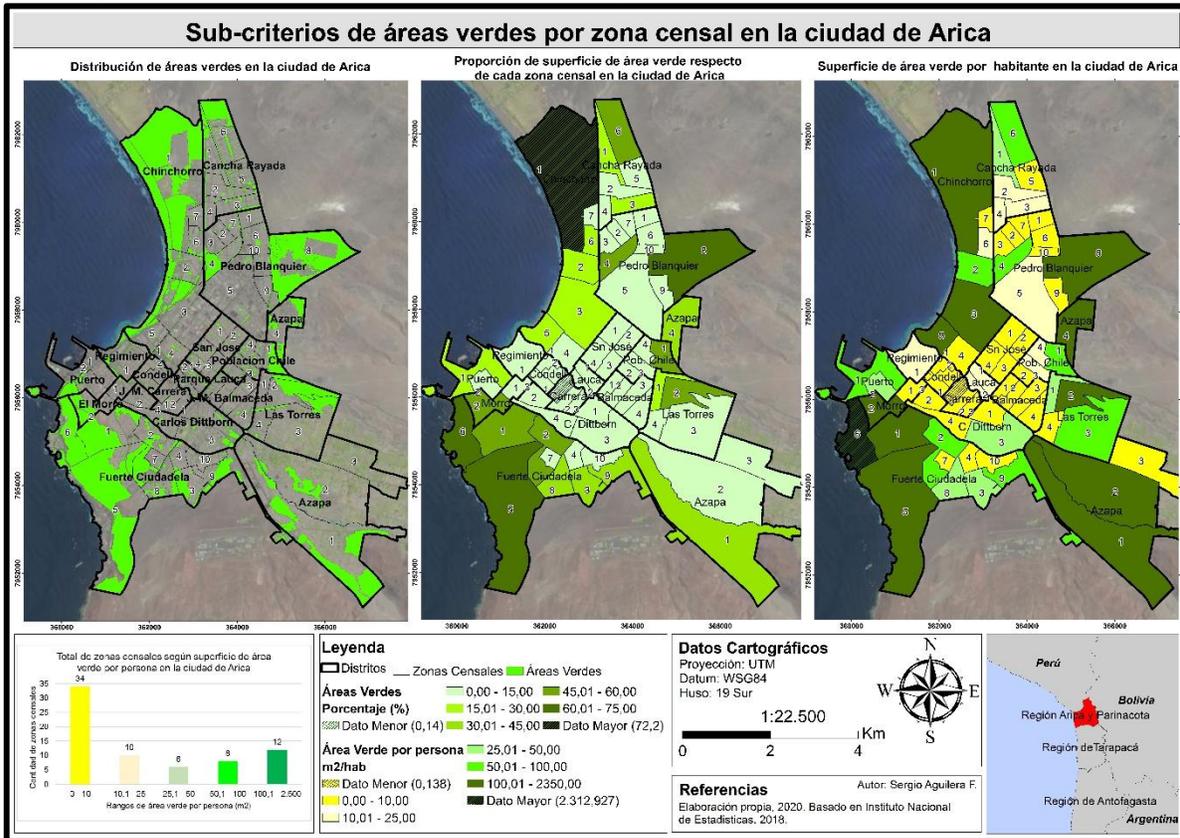
*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

(14,29%) zonas censales y se ubican esencialmente en el sector centro histórico, centro-norte y nororiente de la urbe, destacan los distritos de Parque Lauca y Regimiento que se hayan con todas las zonas censales en este intervalo, además de los distritos Cancha Rayada [zc 2, 3 y 4], Chinchorro [zc 6], Pedro Blanquier [zc 5] y Población Chile [zc 3 y 4]. El rango de 25,01 a 50,00 m<sup>2</sup>/hab se presenta en 6 (8,57%) zonas censales, la menor cantidad de zonas dentro de todos los intervalos de área verde (m<sup>2</sup>) por habitante, se encuentra solo en 5 distritos, los cuales son Cancha Rayada [zc 1], Carlos Dittborn [zc 3], Fuerte Ciudadela [zc 3 y 8], Las Torres [zc 1] y Puerto [zc 2]. La categoría de 50,01 a 100,00 m<sup>2</sup>/hab agrupa 8 (11,43%) zonas censales y se halla diseminado por toda el área urbana, principalmente en los sectores periféricos, en los distritos de Cancha Rayada [zc 6], Chinchorro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 2 y 9], Las Torres [zc 3], Pedro Blanquier [zc 4], Población Chile [zc 1] y Puerto [zc 1]. El intervalo de 100,01 a 2.350,00 m<sup>2</sup>/hab que consta de 12 (17,14%) zonas censales y se encuentra sin una contigüidad territorial, localizándose en primordialmente en la periferia en las zonas censales exteriores junto al límite urbano, en los distritos de Azapa [zc 1, 2 y 4], Chinchorro [zc 1, 3 y 5], El Morro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 1, 5 y 6], Las Torres [zc 2] y Pedro Blanquier [zc 8]. Los valores extremos del sub-criterio de superficie de área verde (m<sup>2</sup>) por habitante exponen que el valor mínimo 0,138 m<sup>2</sup>/hab está en el distrito de J. M. Carrera [zc 1] dentro del sector central de la ciudad y en el extremo opuesto, el valor mayor 2.312,927 m<sup>2</sup>/hab se encuentra en el distrito de Fuerte Ciudadela [zc 6] en la periferia de Arica (véase figura N°30).

Las zonas censales con superficie de área verde menores a 10 m<sup>2</sup>/hab son el 48,57% (34), zonas censales que están por debajo del estándar recomendado por SIDEU-INE (2016), en cambio la cantidad de zonas censales mayores a 10 m<sup>2</sup>/hab equivalen al 51,43% (36) del total de zonas, lo anterior demuestra que Arica tiene una leve tendencia a presentar zonas censales por sobre el estándar SIDEU-INE. En la ciudad se muestra que el área central más el sector nororiente (zonas <10 m<sup>2</sup>/hab) se ve rodeado por zonas censales que integran la línea del límite urbano (>10 m<sup>2</sup>/hab), si se compara los resultados de este sub-criterio de superficie de área verde por habitante (véase figura N°30) con la expansión urbana (véase figura N°4) existe una clara similitud entre las zonas consolidadas urbanas año (2002) y las progresiva expansión urbana y las zonas censales menor a 10 m<sup>2</sup>/hab y las mayores a 10 m<sup>2</sup>/hab.

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°30: Sub-criterios de Áreas Verdes por zonas censal en la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.2.1.1.4.- Amplitud Térmica Interestacional

La temperatura urbana superficial de Arica es medida en dos estaciones verano e invierno entre los años 2008 - 2018, dentro de los límites de la urbe se manifiestan dos rangos de amplitudes térmicas, el primer rango corresponde a la estación de verano 14,91°C – 29,99°C muestra una diferencia de temperatura urbana de 15,08°C en dicha estación, mientras que el rango de invierno es de 15,07°C – 25,01°C con una diferencia de temperatura al interior de la ciudad de 9,94°C.

La distribución de la amplitud térmica de la estación de verano se vislumbra que las menores temperaturas se presentan en el sector del puerto (14,91°C), al mismo tiempo que las zonas de mayor temperatura están en limite urbano oriente de Arica (29,99°C), en el sector intermedio desde el puerto hasta la zona oriente de la ciudad se va elevando la temperatura (véase figura N°31). La distribución de la temperatura en la estación de invierno es similar al verano, puesto que en el puerto se obtiene la temperatura mínima (15,07°C) entre 2008 - 2018 y en el sector oriente [Azapa 1] se establece la mayor temperatura (25,01°C), siendo es la estación de invierno donde se refleja una diferencia de temperatura entre el puerto y la zona oriente más compacta que la de verano. La diferencia en el comportamiento de las temperaturas tanto en las zonas intermedias como en los extremos

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

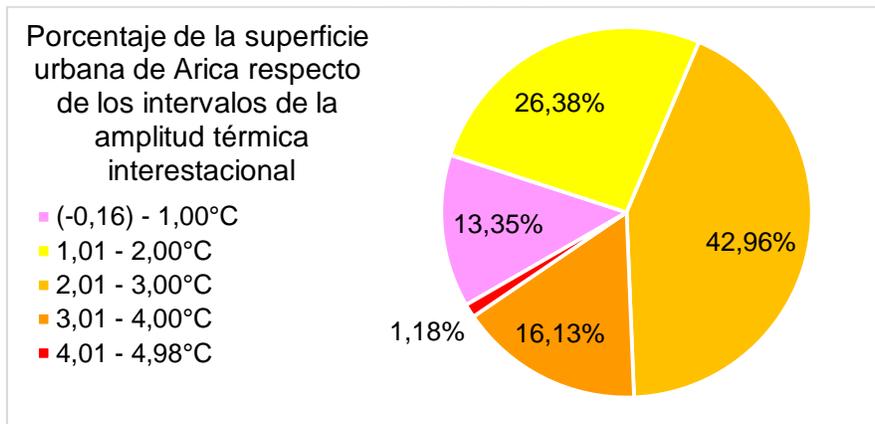
de Arica para ambas estaciones se debe a los elementos del clima señalados por INIA (2016) para esta ciudad desértica, la velocidad promedio del viento en invierno (0 – 3 m/s) es menor que en verano (3 – 4 m/s), otro elemento es la humedad relativa promedio en verano que esta entre 60 – 70% y en la estación de invierno se encuentra entre 70 – 80%. La diferencia de temperatura de las amplitudes térmicas de verano e invierno se expresa en la Amplitud Térmica Interestacional. La Amplitud Térmica Interestacional muestra un rango de temperatura entre  $-0,16^{\circ}\text{C}$  a  $4,98^{\circ}\text{C}$ . De este rango de temperatura se vislumbra una diferencia de temperatura entre el puerto y la zona oriente de  $5,14^{\circ}\text{C}$ .

La Amplitud Térmica Interestacional se muestra mediante 5 intervalos de temperatura (véase figura N°31), de las 70 zonas censales que compone la ciudad, 8 (11,43%) corresponden al intervalo  $(-0,16)^{\circ}\text{C} - 1,00^{\circ}\text{C}$ , 18 (25,71%) zonas censales al rango  $1,01^{\circ}\text{C} - 2,00^{\circ}\text{C}$ , 36 (51,43%) a la categoría  $2,01^{\circ}\text{C} - 3,00^{\circ}\text{C}$ , 7 zonas censales (10%) están en el intervalo  $3,01^{\circ}\text{C} - 4,00^{\circ}\text{C}$  y por último solo 1 zonas censales (1,43%) se hallan en el rango  $4,01^{\circ}\text{C} - 4,98^{\circ}\text{C}$  (véase figura N°31).

La distribución del intervalo  $(-0,16)^{\circ}\text{C} - 1,00^{\circ}\text{C}$  esta principalmente en el sector centro histórico (distritos El Morro, Puerto y Regimiento), además de los sectores central (Carlos Dittborn [zc 2 y 4] y Condell [zc 1 y 3]), norponiente (Chinchorro [zc 1 y 5]) y sur (Fuerte Ciudadela [zc 1, 5 y 6]), este intervalo abarca el 13,35% ( $5,81 \text{ km}^2$ ) de la superficie de Arica (véase figura N°31 y gráfico N°7). El rango  $1,01^{\circ}\text{C} - 2,00^{\circ}\text{C}$  se localizan en el sector central, centro-norte, norponiente, nororiente y sur de la ciudad, en los distritos Chinchorro, Condell [zc 2 y 3], Carlos Dittborn [zc 2 y 4], Fuerte Ciudadela [zc 1, 2 y 5], J. M. Carrera [zc 1 y 2], Parque Lauca [zc 1 y 2], Pedro Blanquier [zc 2, 3, 4 y 5] y San José [zc 4], la superficie urbana correspondiente al rango  $1,01^{\circ}\text{C} - 2,00^{\circ}\text{C}$  es 26,38% ( $11,48 \text{ km}^2$ ). Los territorios de la categoría  $2,01^{\circ}\text{C} - 3,00^{\circ}\text{C}$  se ubican en el área central de la ciudad en sentido norte-sur, en los sectores central, centro-norte, norponiente, nororiente, oriente y sur de Arica, esta categoría se presenta en 12 de los 16 distritos, abarcando un 42,96% ( $18,69 \text{ km}^2$ ) de la superficie urbana. El rango  $3,01^{\circ}\text{C} - 4,00^{\circ}\text{C}$  se halla en los sectores norponiente y oriente, en los distritos de Azapa [zc 1, 2 y 3], Cancha Rayada [zc 2, 3 y 5], Las Torres [zc 2 y 3] y Pedro Blanquier [zc 1 y 8], el 16,13% ( $7,02 \text{ km}^2$ ) es la superficie de Arica que corresponde al rango  $3,01^{\circ}\text{C} - 4,00^{\circ}\text{C}$ ; y el intervalo  $4,01^{\circ}\text{C} - 4,98^{\circ}\text{C}$  se encuentra en el distrito de Azapa [zc 1] y este intervalo cubre un 1,18% ( $0,51 \text{ km}^2$ ) del área urbana (véase figura N°31).

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

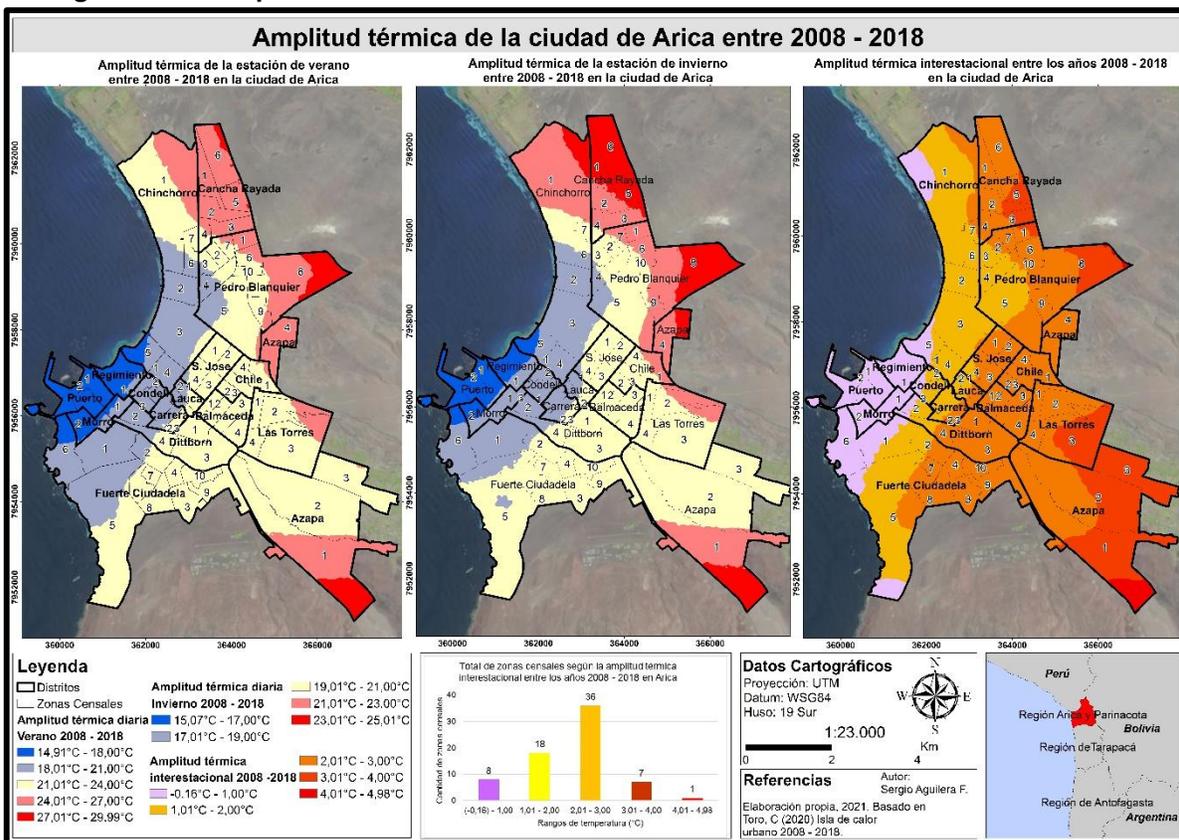
Gráfico N°7: Porcentaje de superficie urbana según rangos de Amplitud Térmica Interestacional



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En resumen, la Amplitud Térmica Interestacional evidencia el mismo comportamiento de las amplitudes de las estaciones de verano e invierno, muestra la zona del Puerto [zc 1] como el área de menor temperatura y posiciona a Azapa [zc 1] como el sector de mayor temperatura entre los años 2008 – 2018.

Figura N°31: Amplitud Térmica Interestacional en la ciudad de Arica entre 2008 - 2018



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **3.2.1.2.- Criterio Geográfico**

El Criterio Geográfico tomo en consideración para una ciudad como Arica, los sub-criterios de la morfología urbana (altura de las construcciones), exposición al sol y topografía (pendientes).

#### **3.2.1.2.1.- Altura de las Edificaciones**

En lo que concierne a la Altura de las construcciones, Arica posee construcciones desde 1° a 22° pisos (véase figura N°32), la distribución de las edificaciones de mayor altura se localiza en el borde costero, y en los sectores periféricos norponiente, nororiente, oriente y sur existe una predominancia de edificaciones de un piso y dos pisos (véase figura N°33).

De la altura de las construcciones, se vislumbra que las construcciones con un piso están presentes en toda la ciudad y representan el 67,7% del total de manzanas de la ciudad. Las construcciones de dos pisos son el 20,4% de las manzanas de la ciudad y están localizadas extendidamente en los sectores centro histórico, norponiente, nororiente, oriente y sur en los distritos de Azapa, Chinchorro, Cancha Rayada, El Morro, Fuerte Ciudadela, Las Torres, Pedro Blanquier, Puerto y Regimiento (véase figura N°33). Los lugares con edificaciones de 3 pisos corresponden al 0,6% de las manzanas, es un porcentaje menor respecto de las dos clasificaciones anteriores, la expresión territorial de las edificaciones de 3 pisos está presente en los sectores central, centro-norte, norponiente y nororiente, en distritos como Cancha Rayada, Chinchorro, Pedro Blanquier, Regimiento, entre otros. Las construcciones de 4 pisos son primordialmente condominios y blocks de Arica, estos representan un 1,5% de las manzanas, se hallan en los sectores centro histórico, central, centro-norte, norponiente, nororiente y sur. De 5° a 22° pisos se emplazan principalmente en el borde costero y poseen un 1,9% del total de manzanas de la ciudad, siendo la categoría de 5 pisos la que representa un 1,2% de las manzanas, cabe destacar que el distrito de los edificios de mayor altura se encuentra en Regimiento. Finalmente, las manzanas sin edificaciones (0 pisos) son el 7,9% de las manzanas de la urbe, distribuidos en todo Arica (véase figura N°33).

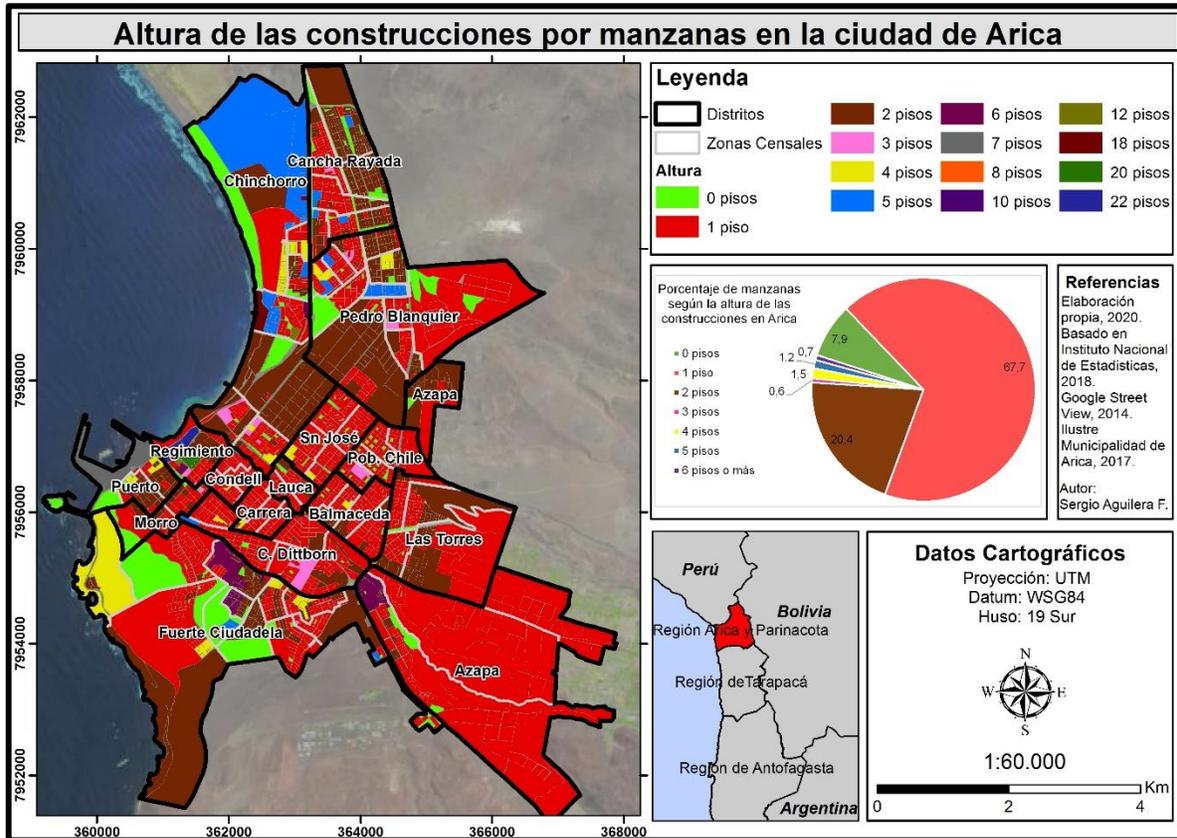
*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Figura N°32: Ejemplos de edificaciones en la ciudad de Arica**

<p><b>Vivienda [1 piso]</b></p>  <p>Galvarino Riveros, J. M. Carrera [zc 3]</p>	<p><b>Vivienda [2 pisos]</b></p>  <p>Fco. Urzúa, C. Rayada [zc 6]</p>
<p><b>Vivienda/Blocks [3 pisos]</b></p>  <p>La Concepción, Pedro Blanquier [zc 7]</p>	<p><b>Blocks /Condominios [4 - 5 pisos]</b></p>  <p>Pacifico Norte, Chinchorro [zc 1]</p>
<p><b>Edificios medianos [6 - 8 pisos]</b></p>  <p>Calle 141, Fuerte Ciudadela [zc 7]</p>	<p><b>Edificios grandes [9 - 22 pisos]</b></p>  <p>Av. Chile, Regimiento [zc 1]</p>

*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.*

Figura N°33: Altura de las Construcciones por manzanas en la ciudad de Arica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 3.2.1.2.2.- Pendientes

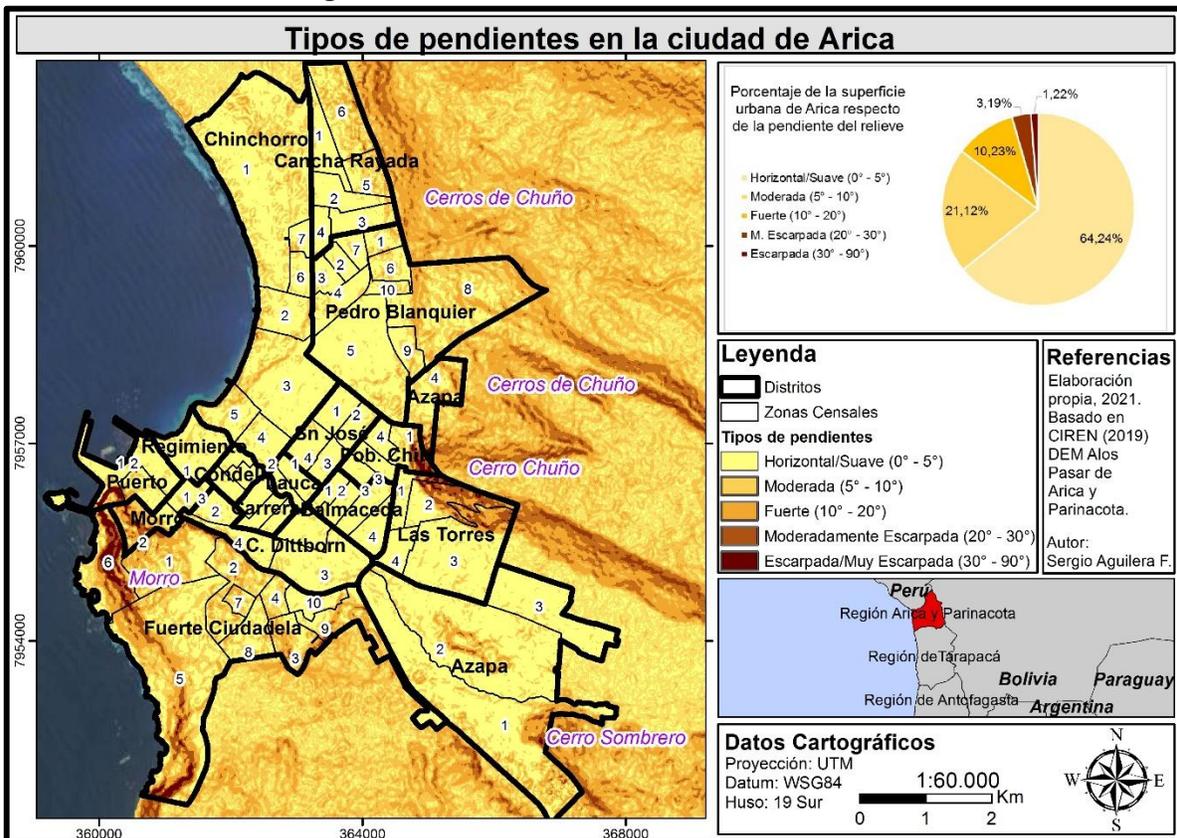
La clasificación de pendiente realizada por Araya – Vergara y Börgel (1972), Young (1975), Ferrando (1993) en Mesina (2003) (véase tabla N°12), precisa que el relieve de la ciudad de Arica posee dos principales categorías, “horizontal/suave” (0° - 5°) clasificación que prima en la urbe y “moderada” (5° - 10°), las dos clasificaciones antes mencionadas se hallan localizadas en todos los sectores y distritos de la ciudad (véase figura N°34). Las áreas de pendiente “fuerte” (10° - 20°) están en las proximidades de los Cerros de Chuño, Chuño, Sombrero y Morro y en zonas de la costa, los cuales están en los sectores centro histórico, centro-norte, norponiente, nororiente, oriente y sur de la ciudad, hallándose dos situaciones, la primera muestra los distritos que poseen todas sus zonas censales con algún lugar dentro de esta categoría de pendiente como es Chinchorro, Fuerte Ciudadela y Puerto, en el segundo caso se consideran algunas zonas censales en pendiente fuerte en los distritos de Azapa [zc 1, 2 y 4], Cancha Rayada [zc 2, 3, 5 y 6], Carlos Dittborn [zc 2 y 4], El Morro [zc 2], Las Torres [zc 1, 2 y 3], Pedro Blanquier [zc 1, 4, 5, 6, 8, 9 y 10] y Población Chile [zc 1]. La distribución de la pendiente “moderadamente escarpada” (20° - 30°) está presentes en los distritos de Azapa [zc 1, 2 y 4], Cancha Rayada [zc 6], Carlos Dittborn [zc 4], El Morro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 1, 2, 3, 5, 6 y 9], Las Torres [zc 1, 2 y 3], Pedro Blanquier [zc 8], Población Chile [zc 1] y Puerto [zc 1 y 2]. Finalmente, la pendiente

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

de tipo “escarpada/muy escarpada” (30° - 90°) se encuentra en 6 distritos, los cuales son Azapa [zc 1 y 4], El Morro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 1, 3, 5, 6 y 9], Las Torres [zc 1, 2 y 3], Población Chile [zc 1] y Puerto [zc 1 y 2] (véase figura N°34).

La ciudad de Arica entre las pendientes “horizontal/suave” (0° - 5°) y “moderada” (5° - 10°) componen el 85,36% (37,14 km<sup>2</sup>) de la superficie urbana (véase figura N°34), estas categorías están ampliamente extendidas por los distritos y zonas censales, lo cual, evidencia que Arica es una ciudad plana, es decir, que no posee mayores variaciones de altitud. En una posición intermedia esta la pendiente “fuerte” (10° - 20°) ocupando un 10,23% (4,45 km<sup>2</sup>) del área urbana de Arica. En una menor proporción del territorio se hallan las pendientes “moderadamente escarpada” (20° - 30°) y “escarpada/muy escarpada” (30° - 90°) respecto de la superficie urbana abarcan un 3,19% (1,39 km<sup>2</sup>) y 1,22% (0,53 km<sup>2</sup>) respectivamente. Las distintas pendientes tienen una amplia correspondencia con la geomorfología de la ciudad de Arica (véase figura N°7).

**Figura N°34: Pendientes en la ciudad de Arica**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

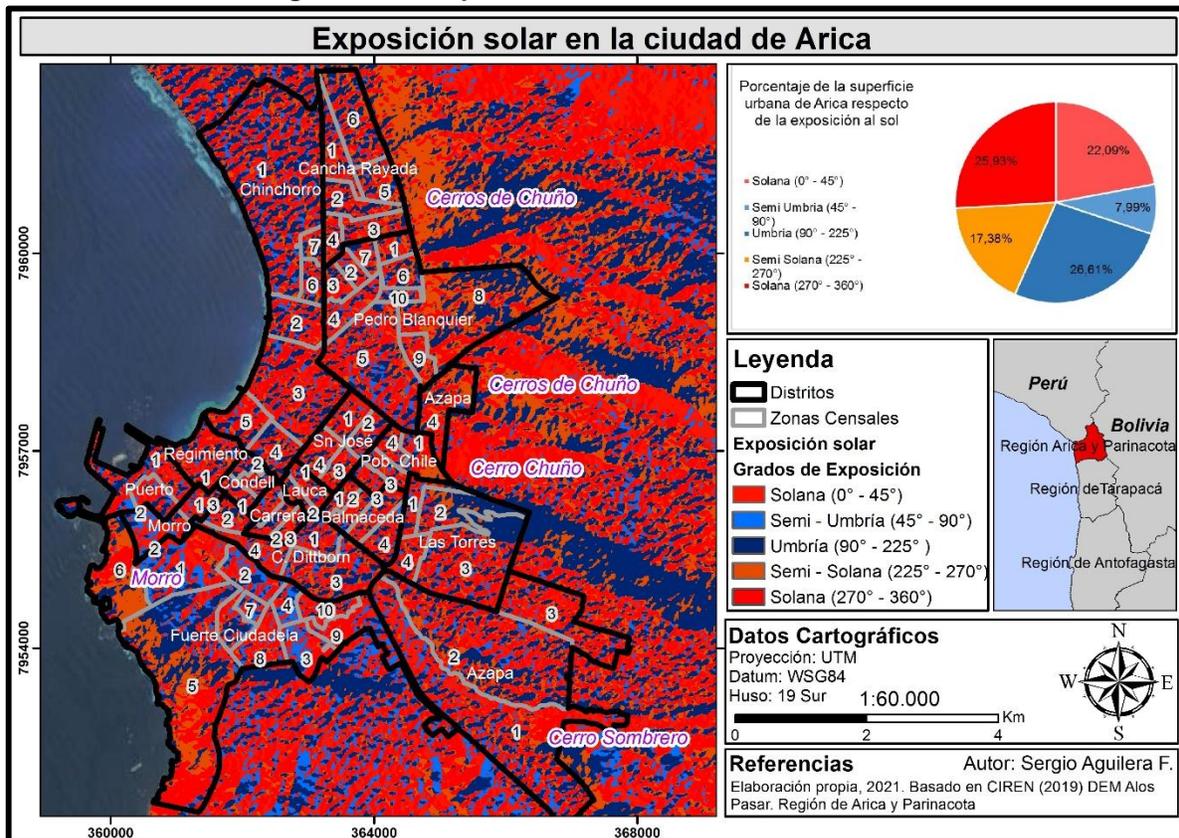
*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**3.2.1.2.3.- Exposición Solar**

La Exposición Solar de Arica, usando la clasificación de Ubilla (2007) (véase anexo N°6), es principalmente solana (270° - 45°) y semi – solana (225° - 270°), solo en los sectores de cerros de Chuño, cerro Chuño, cerro Sombrero y Morro de Arica existe la exposición de tipo umbría (90° - 180°) y semi – umbría (180° - 225°), (véase figura N°35). Las distintas exposiciones solares están presentes en todos los distritos y zonas censales de la ciudad.

En relación a la superficie urbana y la exposición solar, la categoría solana cubre un área de 48,02% (20,89 km<sup>2</sup>), lo anterior muestra dos situaciones, la primera que la orientación espacial de Arica es principalmente norte y la segunda es concordar con los altos niveles de radiación global expuestos por INIA (2016) 20 – 24 (MJ/m<sup>2</sup> día) en Enero y 12 – 14 (MJ/m<sup>2</sup> día) Julio. En un segundo lugar, la exposición umbría abarca 26,61% (11,58 km<sup>2</sup>) de la zona urbana. Siguen las clasificaciones de exposición solar que cubren una menor área dentro de la urbe, semi-solana 17,38% (7,56 km<sup>2</sup>) y semi-umbría 7,99% (3,48 km<sup>2</sup>).

**Figura N°35: Exposición Solar de la ciudad de Arica**



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **3.3.- Objetivo N°3 “Establecer las áreas de VET en la ciudad a una escala de zona censal”**

#### **3.3.1.- Criterios de la VET**

La configuración de la VET es resultado de la situación externa e interna para el contexto urbano de Arica, este fue medido mediante los sub-criterios que forman parte de los criterios socioeconómico, infraestructura, climático y geográfico, estos criterios expresan la situación actual de Arica.

##### **3.3.1.1.- Análisis de Criterios Internos de la VET (Socioeconómico e Infraestructura)**

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de las EMC de los criterios internos de la VET, las cuales corresponden al Criterio Socioeconómico y Criterio de Infraestructura.

El resultado de los sub-criterios socioeconómicos como Hacinamiento, Educación, Densidad Poblacional y demás, a través de la consulta a expertos generó una evaluación multicriterio intermedia del Criterio Socioeconómico respecto de la vulnerabilidad energética territorial. La EMC del Criterio Socioeconómico muestra una inclinación a los niveles más vulnerables (“muy alta” [14,29% (10)] y “alta” [31,43% (22)]) con un 45,71% (32) de las zonas censales (véase figura N°36), localizadas en los sectores central, centro-norte, nororiente, oriente y sur de Arica, hallándose con amplia presencia en los distritos de Cancha Rayada, J. M. Balmaceda, Las Torres, Pedro Blanquiere y Población Chile. Por el contrario, solo el 34,29% (24) de las zonas censales son catalogadas con un nivel menos vulnerables (muy baja [17,14% (12)] y baja [17,14% (12)]), ubicadas en los sectores centro histórico, central, norponiente, oriente y sur de la ciudad, encontrándose en los distritos costeros como Chinchorro, Fuerte Ciudadela, Puerto y Regimiento, además de Azapa, Carlos Dittborn, Condell y Las Torres. En una posición media queda el 20% (14) de las zonas censales, que están diseminadas en la ciudad sin un patrón reconocido, ubicándose primordialmente en los sectores central y centro-norte.

La distribución de los niveles más vulnerables (“muy alta” y “alta”) desde el Criterio Socioeconómico, responde a que en esas zonas censales la población presenta bajo nivel de escolaridad del jefe(a) de hogar (menor a 12 años), mayor número de personas que nunca asistieron a la educación formal, amplia localización de población con Dependencia Demográfica ([0 -14 años] y [65 o más años]), elevado Hacinamiento, baja presencia de personas con estudios universitarios residiendo en aquellas zonas censales y por último, existe una alta Densidad Poblacional. Un ejemplo de lo anterior es el distrito Población Chile [zc 1, 3 y 4], el cual se enmarca en las características antes descritas (véase figura N°36). En una condición distinta están las zonas censales menos vulnerables (muy baja y baja), concentra las zonas censales con mayor cantidad de años de escolaridad de los jefes(as) de hogar (sobre 12 años), menor número de personas que nunca asistieron a la educación formal, baja Dependencia Demográfica, bajo Hacinamiento, alta presencia de personas con estudios universitarios y una baja Densidad Poblacional. Una clara demostración de lo antes mencionado es el sector norte del distrito de Chinchorro [zc 1, 2, 6 y 7].

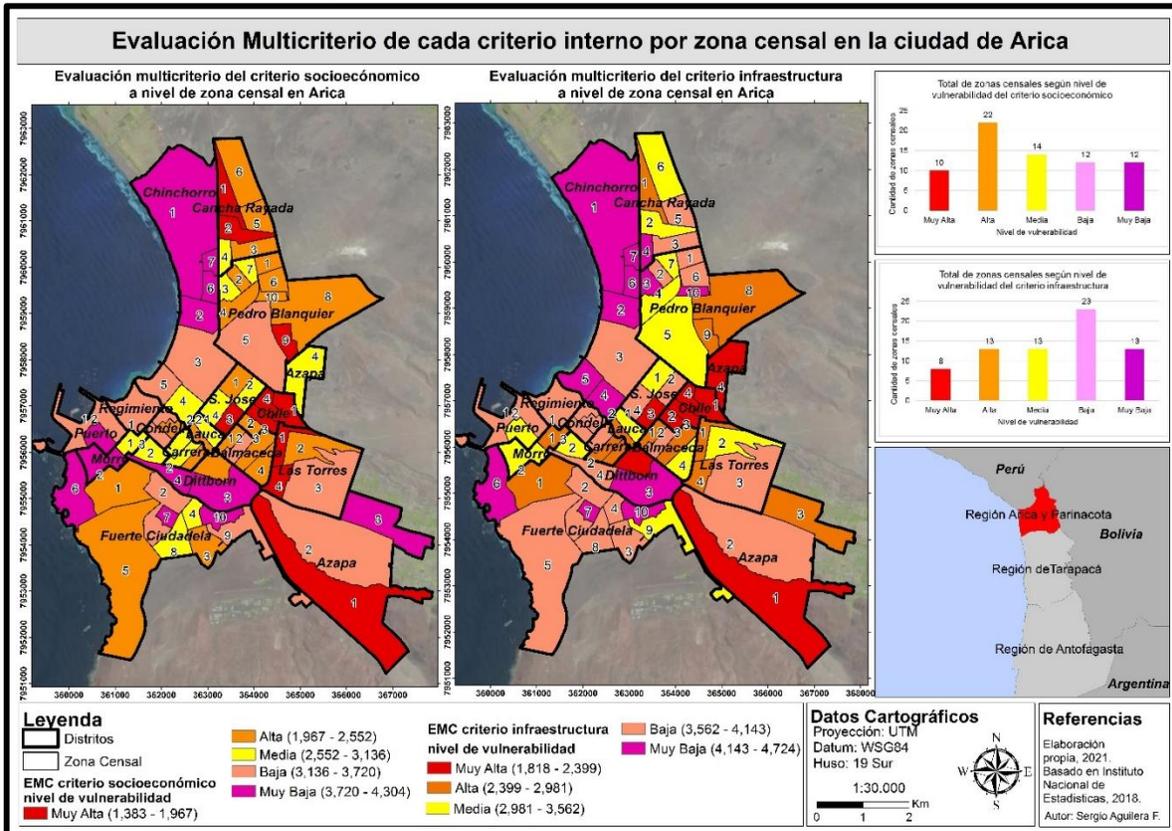
*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

En cuanto al Criterio de Infraestructura se consideró el estado (aceptable, recuperable e irrecuperable) de la materialidad de las viviendas, más el precio de la electricidad por persona. Las zonas censales en el Criterio de Infraestructura tiende a situarse en las categorías menos vulnerables “muy baja” y “baja” agrupando el 51,43% (36) de las zonas censales (véase figura N°36), destacando la categoría “baja” con un 32,86% (23), ubicándose dentro de todos los sectores de Arica y en 13 de los 16 distritos. Las zonas censales más vulnerables (muy alta y alta) congregan el 30% (21) de las 70 zonas de la ciudad, la categoría “alta” posee el 18,57% (13). Las zonas censales más vulnerables se hallan en los sectores centro histórico, central, centro-norte, nororiente, oriente y sur de la urbe, en 12 de los 16 distritos. En una posición de vulnerabilidad medio se concentra el 18,57% (13) de las zonas censales, en 9 de 16 distritos, localizados en variados sectores de Arica.

Las zonas censales menos vulnerables (muy baja y baja) del Criterio de Infraestructura expresan una baja cantidad de viviendas consideradas recuperables y también irrecuperables, por el contrario, poseen una gran cantidad de viviendas aceptables, asimismo como un elevado consumo por persona de electricidad. Una evidencia apreciable es el distrito de Chinchorro [zc 1, 2, 4, 5, 6 y 7] (véase figura N°36). Las zonas censales más vulnerables (muy alta y alta) muestran un elevado número de viviendas en categoría de recuperable e irrecuperable, menor número de viviendas aceptables, menor consumo y pago por persona en electricidad. Ejemplo es el distrito de Población Chile [zc 1, 2, 3 y 4].

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°36: EMC Criterios Internos de la VET



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**3.3.1.2.- Análisis de los Criterios Externos de la VET (Climático y Geográfico)**

En el siguiente análisis se expondrán los resultados de cada criterio externo de VET, las cuales surgen de los pesos de los distintos sub-criterios agrupados en los criterios climático y geográfico.

El Criterio Climático comprende aspectos como la amplitud térmica interestacional, SAVI, áreas verdes y proximidad al mar, elementos que generaron el EMC del Criterio Climático, la cual expresa niveles de vulnerabilidad dentro de Arica. El 12,25% de la superficie de la ciudad corresponde a la categoría “muy baja” (véase figura N°37), el 25% de la superficie está considerado “baja”, la categoría “media” comprende el 32,81% del área urbana, es la categoría con mayor presencia en Arica. La clasificación “alta” está presente en 26,18% de la superficie urbana, es la segunda clasificación con mayor presencia en Arica y por último, la categoría “muy alta” solo es el 3,76% de Arica.

Con respecto al Criterio Climático, el 37,25% del área urbana de Arica corresponde a las zonas con niveles menos vulnerables (muy baja y baja) de la urbe, halladas en los sectores centro histórico, norponiente, nororiente, oriente y sur, destaca en las zonas censales de la línea costera (véase figura N°37). Las zonas más vulnerables (muy alta y alta) abarca el

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

29,94% de la superficie urbana de Arica, se encuentra en los sectores central, centro-norte, nororiente, oriente y sur, abordan los distritos de Azapa, Cancha Rayada, Carlos Dittborn, Fuerte Ciudadela, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Las Torres, Parque Lauca, Pedro Blanquier, Población Chile y San José. La categoría “media” esta diseminada en todos los sectores de Arica, con presencia en 13 de los 16 distritos.

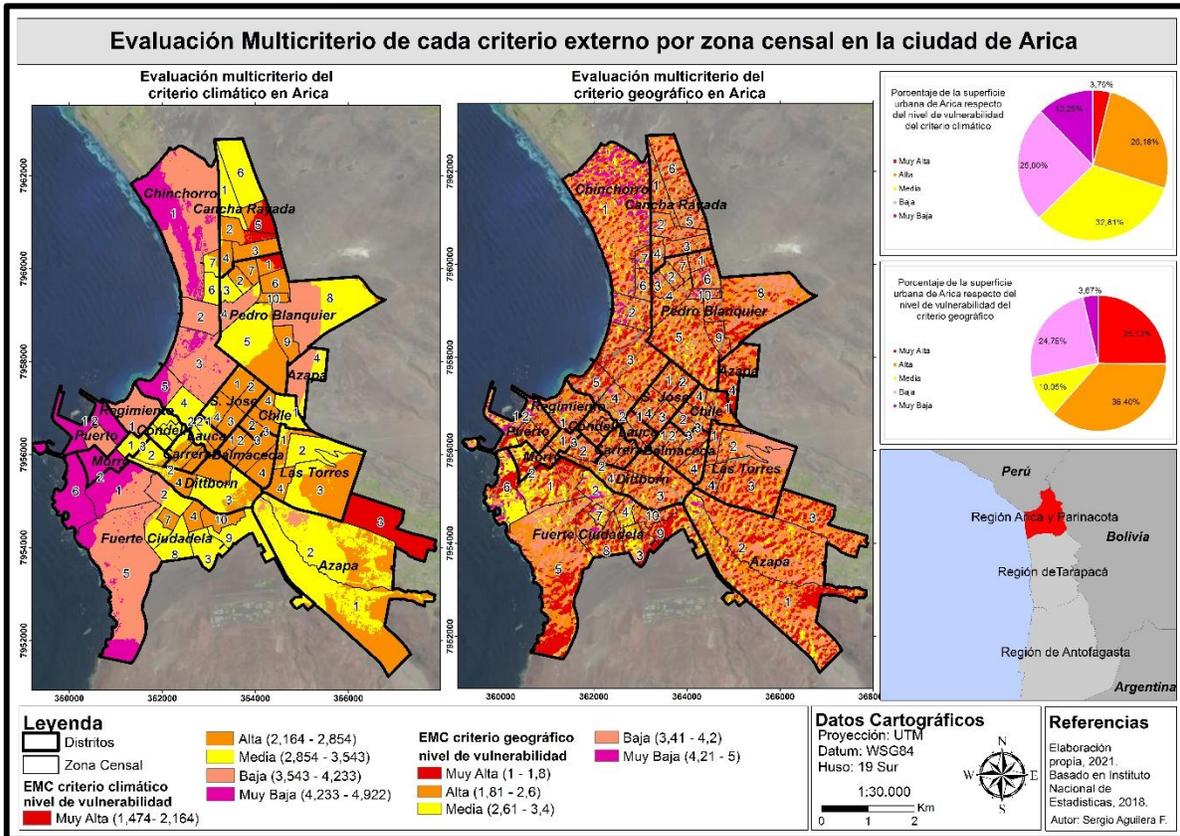
Las zonas menos vulnerables (muy baja y baja) responden a un menor rango de la amplitud térmica interestacional, mayor proximidad al mar, mayor concentración de vegetación, mayor cantidad de áreas verdes por habitante y mayor porcentaje de áreas verdes por superficie de la zona censal. Ejemplo de lo anterior, son las zonas censales 1 de Puerto, 2 de El Morro y 6 de Fuerte Ciudadela (véase figura N°37). Por el contrario, las zonas más vulnerables (muy alta y alta) comprenden los mayores rangos de amplitud térmica interestacional, lejanía respecto del mar, menor concentración de vegetación, menor cantidad de áreas verdes por habitante y un menor porcentaje de áreas verdes por superficie de la zona censal. Reflejo de los resultados antes descritos, son las zonas en limite oriente de Arica como las zonas censales 2 y 5 de Cancha Rayada y la zona censal 3 de Azapa.

El Criterio Geográfico se compone de elementos como la altura de las edificaciones urbanas, la exposición al sol y topografía (pendientes), estos tres elementos expresaron la EMC intermedia del Criterio Geográfico. La EMC del Criterio Geográfico muestra los niveles de vulnerabilidad en la ciudad de Arica, el 3,67% de la superficie de la urbe corresponde a la categoría “muy baja” hallada en amplios sectores de Arica, destacan los distritos de Chinchorro [zc 1 y 2] y Puerto [zc 1] (véase figura N°37). La categoría “baja” abarca el 24,75% de la superficie, evidenciándose en distritos como Fuerte Ciudadela [zc 5], Las Torres [zc 2 y 3] y Pedro Blanquier [zc 8]. La clasificación “media” diseminada por todo el territorio urbano de Arica, comprende el 10,05% destacando los distritos de El Morro [zc 2], Fuerte Ciudadela [zc 1, 2, 3, 4 y 6] y Puerto [zc 1]. La clasificación “alta” es ampliamente distribuida en Arica, abarca un 36,4% de la superficie y finalmente, la clasificación “muy alta” alcanza el 25,13% del área urbana, esta clasificación es encontrada en toda la ciudad, cabe destacar los distritos de Azapa [zc 1] y Fuerte Ciudadela [zc 3, 5, 6 y 9].

En relación al Criterio Geográfico, las áreas más vulnerables (muy alta y alta) evidencian edificaciones de menor altura, mayor exposición al sol (solana) y una pendiente pronunciada (de fuerte a escarpada), evidencia de esto, es el distrito Fuerte Ciudadela [zc 3, 5, 6 y 9] (véase figura N°37). En una situación opuesta, se encuentra las áreas menos vulnerables (muy baja y baja) con mayor altura de sus edificaciones, menor exposición al sol (umbría) y pendientes planas (horizontal - suave), ejemplo de lo anterior, es Chinchorro [zc 1 y 2].

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°37: EMC Criterios Externos de la VET



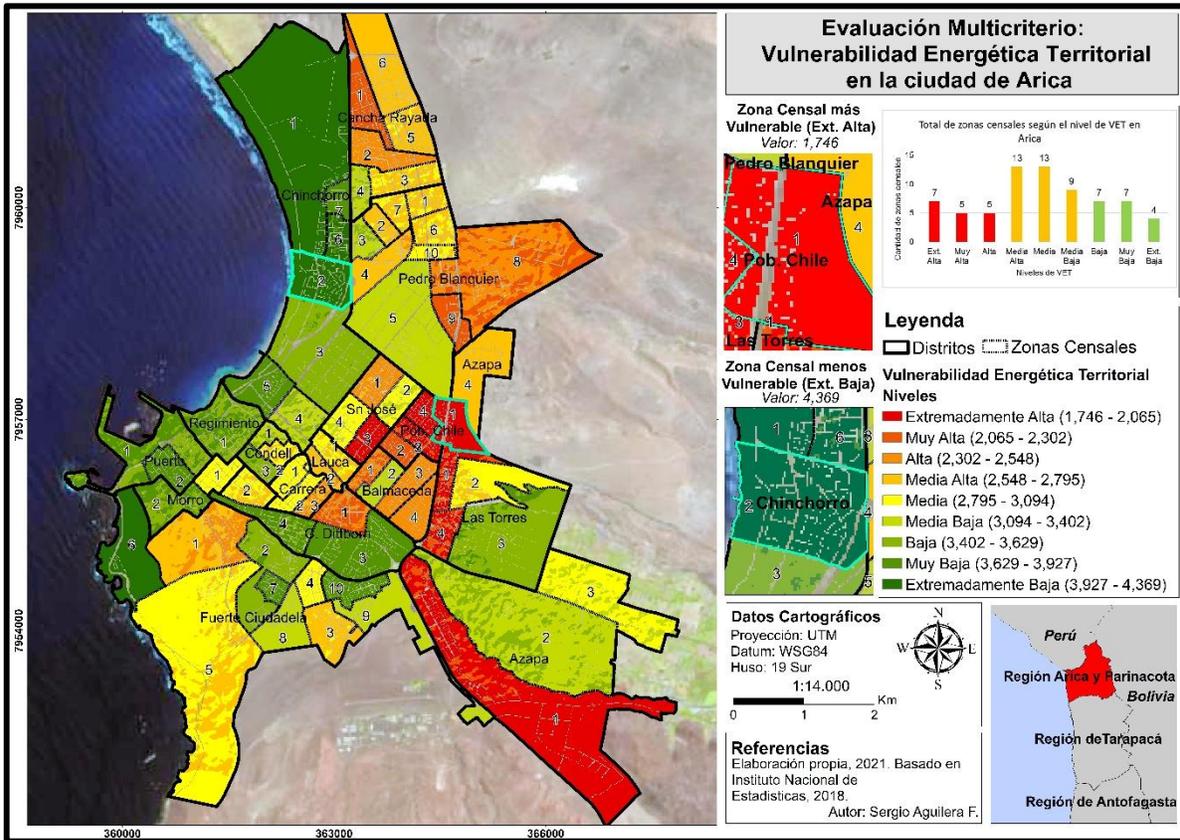
Fuente: Elaboración propia, 2021.

**3.3.2.- Evaluación multicriterio de la Vulnerabilidad Energética Territorial de Arica**

El resultado obtenido de la evaluación multicriterio de la ciudad de Arica permite establecer las áreas de VET en Arica a una escala de zona censal, en la cual se procesaron 4 criterios que evidenciaron la realidad actual de la urbe; entre los criterios están lo socioeconómico, infraestructura, climático y geográfico, las cuales muestran la Vulnerabilidad Energética Territorial de Arica (véase figura N°38) frente a una amenaza de isla de calor urbana.

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°38: EMC de la VET en la ciudad de Arica



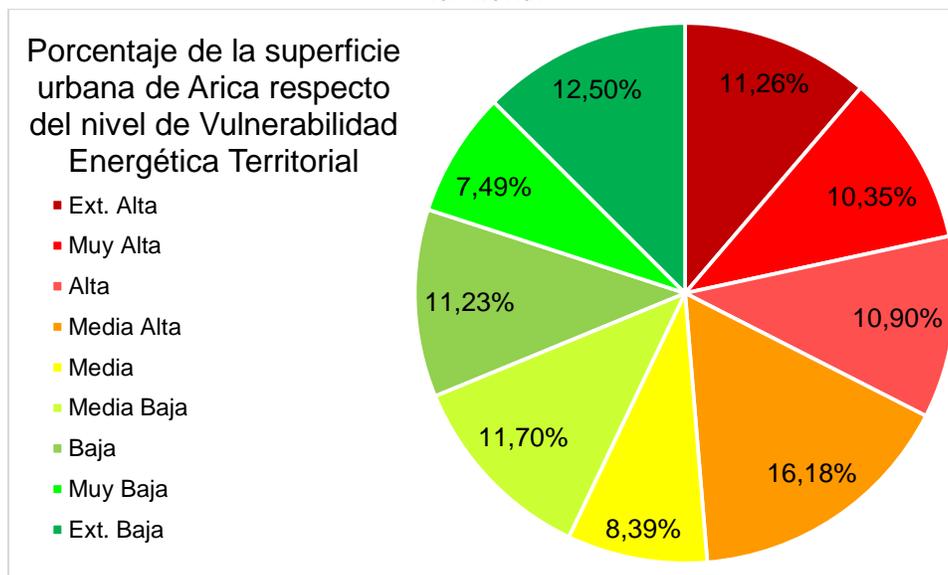
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Las zonas censales están catalogadas en 9 niveles de Vulnerabilidad Energética Territorial mostrando que las zc más vulnerables se hallan en el área próxima al límite urbano oriente, en los sectores centro-norte, norponiente y oriente (véase figura N°38). Mientras que las zonas censales con condiciones menos vulnerables están presentes en la línea costera de Arica, en los sectores centro histórico, norponiente y sur. La clasificación “extremadamente alta” posee 7 zonas censales, las cuales se localiza en los sectores centro-norte y oriente de Arica, en los distritos de Azapa [zc 1], Las Torres [zc 1 y 4], Población Chile [zc 1, 3 y 4] y San José [zc 3], siendo Población Chile el contempla la mayor cantidad de zc en esta categoría (véase figura N°38), en esta categoría se concentra el 10,46% de los habitantes urbano de Arica y el 9,86% de las viviendas (véase tabla N°15). El nivel de Vulnerabilidad Energética Territorial “muy alta” considera 5 zonas censales, las que se hallan en los distritos Cancha Rayada [zc 1], Carlos Dittborn [zc 1], J. M. Balmaceda [zc 1], Pedro Blanquiere [zc 9] y Población Chile [zc 2], en este nivel de vulnerabilidad se halla el 7,12% de ariqueños y el 6,6% de las viviendas (véase tabla N°15). La categoría “alta” al igual que el nivel anterior tiene 5 zonas censales, ubicadas en el sector centro-norte y nororiente de la ciudad, en los distritos de Cancha Rayada [zc 2], J. M. Balmaceda [zc 2 y 4], Pedro Blanquiere [zc 8] y San José [zc 1], en el nivel “Alta” se encuentra el 8,13% de los habitantes de Arica y el 7,36% de las viviendas (véase tabla N°15). En superficie es el nivel

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

“extremadamente alta” el que concentra el mayor porcentaje de superficie urbana en el grupo más vulnerable con un 11,26%, seguido de “alta” con 10,90% y, por último, “muy alta” con un 10,35% del área urbana de Arica (véase gráfico N°8). Las áreas más vulnerables (extremadamente alta, muy alta y alta) en VET de Arica abarcan 32,51% de la superficie urbana (véase gráfico N°8), el 24,29% (17) de las zonas censales (véase figura N°38), 23,64% (15.524) de las viviendas y 25,71% (51.975) habitantes (véase tabla N°15).

**Gráfico N°8: Porcentaje de superficie urbana según los niveles de vulnerabilidad energética territorial**



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

La distribución de las zonas censales con niveles “media baja”, “media” y “media alta” de VET se encuentran presentes en todos los sectores de Arica, sin embargo, la mayor concentración de zc están en los sectores central, nororiente y sur (véase figura N°38). El nivel de vulnerabilidad “media alta” contempla 13 zonas censales, las cuales se sitúan principalmente en el sector nororiente, y están presentes en los distritos Azapa [zc 4], Cancha Rayada [zc 3, 5 y 6], Fuerte Ciudadela [zc 1 y 3], J. M. Carrera [zc 3], Parque Lauca [zc 2] y Pedro Blanquier [zc 1, 2, 4, 6 y 7] (véase figura N°38), este nivel de vulnerabilidad contempla los mayores porcentajes de habitantes y viviendas de todo Arica con 22,6% y 21,1% respectivamente (véase tabla N°15). La categoría “media” con 13 zonas censales al igual que el nivel anterior “media alta”, son los de mayor cantidad de zc de Arica. El nivel de vulnerabilidad “media” está diseminado en diversos sectores de Arica, en los distritos de Azapa [zc 3], Carlos Dittborn [zc 2], Condell [zc 2], El Morro [zc 1], Fuerte Ciudadela [zc 4 y 5], J. M. Carrera [zc 1 y 2], Las Torres [zc 2], Parque Lauca [zc 1], Pedro Blanquier [zc 10] y San José [zc 2 y 4] (véase figura N°38), en este nivel reside el 16,72% de los habitantes y está presente el 16,15% de las viviendas (véase tabla N°15). La clasificación “media baja” contempla 9 zonas censales, emplazada en variados sectores de la urbe. Se localiza el nivel de vulnerabilidad “media baja” en los distritos de Azapa [zc 2], Cancha Rayada [zc 4], Chinchorro [zc 4], Condell [zc 1], Fuerte Ciudadela [zc 8 y 9], J. M. Balmaceda [zc 3] y Pedro

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Blanquier [zc 3 y 5], este nivel de vulnerabilidad se habita el 11,93% de ariqueños y contempla el 12,03% viviendas (véase tabla N°15). En el nivel “medio alto” de vulnerabilidad se halla la mayor superficie y número de zonas censales de toda urbe con 16,18% y 13 respectivamente. Las otras categorías “media baja” y “media” poseen un 11,70% y 8,39% del área urbana respectivamente (véase gráfico N°8). Los niveles medios (media alta, media y media baja) de VET acapara el 36,27% de la superficie, 50% (35) de las zonas censales de Arica (véase gráfico N°8), 51,25% (103.593) de los habitantes y 49,28% (32.360) de las viviendas (véase tabla N°15).

**Tabla N°15: Resumen de viviendas y habitantes según el nivel de VET**

Niveles de VET	Total de Zonas Censales	Viviendas	Porcentaje (%)	Habitantes	Porcentaje (%)
<b>Ext. Alta</b>	7	6.360	9,68	21.143	10,46
<b>Muy Alta</b>	5	4.333	6,60	14.390	7,12
<b>Alta</b>	5	4.831	7,36	16.442	8,13
<b>Media Alta</b>	13	13.857	21,10	45.689	22,60
<b>Media</b>	13	10.605	16,15	33.791	16,72
<b>Media Baja</b>	9	7.898	12,03	24.113	11,93
<b>Baja</b>	7	6.292	9,58	17.631	8,72
<b>Muy Baja</b>	7	5.874	8,94	16.447	8,14
<b>Ext. Baja</b>	4	5.624	8,56	12.485	6,18
<b>Total</b>	70	65.674	100	202.131	100

*Fuente: Elaboración propia, 2021; en base al Censo 2017, INE, 2017.*

Los niveles de menor vulnerabilidad tienen su expresión territorial en las zonas censales de la línea de costa, abarcando sectores como centro histórico, norponiente y sur, además del sector central y oriente (véase figura N°38). El nivel de vulnerabilidad “baja” incluye 7 zonas censales de Arica, las que se hallan en los 5 sectores antes mencionados, centrándose principalmente centro histórico y central, los distritos en este nivel son Chinchorro [zc 3], Condell [zc 3], El Morro [zc 2], Las Torres [zc 3], Puerto [zc 1] y Regimiento [zc 1] (véase figura N°38), en esta categoría se concentra el 8,72% de los habitantes urbano de Arica y el 9,58% de las viviendas (véase tabla N°15). La clasificación “muy baja” contempla 7 zonas censales, las cuales se encuentran en los distritos de Carlos Dittborn [zc 3 y 4], Chinchorro [zc 5 y 7], Fuerte Ciudadela [zc 7 y 10] y Puerto [zc 2] (véase figura N°38), en el nivel “muy baja” se encuentra el 8,14% de los habitantes de Arica y el 8,94% de las viviendas (véase tabla N°15). El nivel de VET “extremadamente baja” congrega 4 zonas censales, las cuales se localiza en los distritos Chinchorro [zc 1, 2 y 6] y Fuerte Ciudadela [zc 6] (véase figura N°38), en este nivel de vulnerabilidad reside el 6,18% de los habitantes (menor valor de todo Arica) y está presente el 8,56% de las viviendas (véase tabla N°15). Respecto de la superficie urbana, el nivel de vulnerabilidad “extremadamente alto” posee la mayor superficie de los niveles menos vulnerables con 12,50%, le sigue la categoría “baja” con 11,23% de superficie y la de menor representación urbana es el nivel “muy baja” con 7,49% (véase gráfico N°8). Las áreas menos vulnerables (extremadamente baja, muy baja y baja) en VET de Arica abarcan 31,22% de la superficie urbana (véase gráfico N°8), el 25,71%

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

(18) de las zonas censales (véase figura N°38), 27,08% (17.790) de las viviendas y 23,04% (46.563) habitantes (véase tabla N°15).

En resumen, se establece que Arica posee una heterogeneidad en relación a las áreas de VET, mostrando zonas censales con una vulnerabilidad “extremadamente baja”, un ejemplo es la zona 2 de Chinchorro con un valor de 4,369, el cual es resultado de las mejores condiciones evaluadas bajo los criterios de VET, en cambio en el extremo opuesto se presenta la zona censal 1 de Población Chile, la cual obtiene un valor de 1,746 lo que posiciona a esta zona censal en el nivel “extremadamente alta”, Población Chile [zc 1] surge de las condiciones menos favorables evaluadas en VET (véase figura N°38). Entre los distritos más heterogéneos de Arica están Carlos Dittborn y Las Torres son los que muestran gran amplitud de niveles de vulnerabilidad entre sus zonas censales. Ante esta heterogeneidad de Arica, existen sectores y distritos de la ciudad que tienden a establecer entre sus zonas censales homogeneidad en los niveles de vulnerabilidad, por ejemplo el sector centro-norte (J. M. Balmaceda, Parque Lauca, Población Chile y San José) tiene una uniformidad hacia los niveles más vulnerables, el sector centro histórico (El Morro, Puerto y Regimiento) obtiene una igualdad a los niveles menos vulnerables y sector nororiente (Cancha Rayada y Pedro Blanquier) expone una homogeneidad hacia los niveles medios de la vulnerabilidad.

### **3.3.2.1.- Análisis de zonas VET**

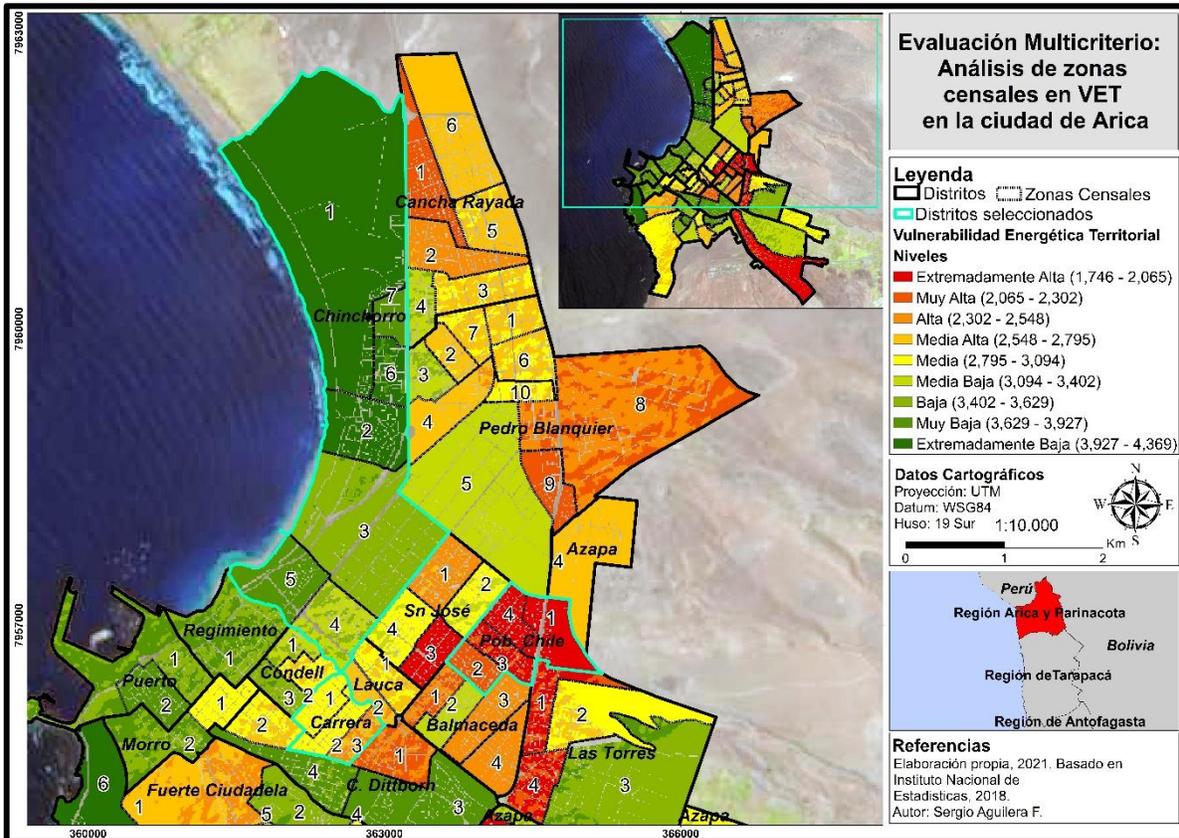
A continuación, se analizarán las zonas censales de mayor representación bajo los resultados de la VET a través de los siguientes distritos seleccionados.

#### **3.3.2.1.1.- Distrito de Población Chile**

El distrito de Población Chile se localiza en el sector centro-norte de Arica, además, se compone de 4 zonas censales (véase figura N°39). Población Chile es de los distritos que obtuvo los niveles de mayor VET en la ciudad, con la clasificación de sus zonas censales en los niveles “extremadamente alta” y “muy alta”.

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Figura N°39: Análisis de zonas censales seleccionadas según los resultados VET



Fuente: Elaboración propia, 2021.

El nivel “extremadamente alta” es alcanzado en las zonas censales 1, 3 y 4, obteniendo valores de vulnerabilidad 1,746, 1,943 y 1,879 respectivamente, siendo la zc 1 la que adquiere el menor valor de vulnerabilidad en toda Arica. La zona censal 2 se encuentra en el nivel de VET “muy alta” con un valor de vulnerabilidad 2,157 (véase figura N°39). La clasificación de las zonas censales de Población Chile en estos niveles de vulnerabilidad responde a la concentración de resultados desfavorables dentro de los criterios de la VET evaluados. Por ejemplo: la zona censal 1 de Población Chile en el Criterio Socioeconómico consigue valores como un nivel de Dependencia Demográfica “muy alta” (0,51), un nivel de Densidad Poblacional “media” (5,72 hab/m<sup>2</sup>), en Hacinamiento obtiene un nivel “muy alto” (4,22 hab), cabe destacar que es la zona censal con el grado de Hacinamiento más crítico de toda la ciudad. También, obtiene un promedio bajo de los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar (9,79 años de escolaridad), menor a los 12 años con los que se considera el término de la enseñanza media, entre los otros sub-criterios de educación alcanza valores de 1,2 Personas con Estudios Universitarios por cada 10 habitantes y 4,85 Personas que Nunca asistieron a la Educación Formal de cada 100 habitantes.

Continuando con la zona censal 1 de Población Chile, en relación al Criterio de Infraestructura, la zona censal logra resultados en torno a la materialidad de la vivienda

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

bajos, en concreto en las Viviendas Aceptables tiene 5,82 viviendas de cada 10 (rango bajo), en Viviendas Recuperables alcanza 3,53 viviendas por cada 10 (rango medio) y en Viviendas Irrecuperables consigue 0,65 viviendas de cada 10 viviendas (rango bajo). Las viviendas principalmente están construidas de materiales de baja calidad y poco adecuados para el entorno que se asienta Arica (véase figura N°40). La electricidad consumida en esta zona censal es la más baja de toda Arica y cancelan promedio mensual \$5.594 pesos por habitante.

**Figura N°40: Imágenes de viviendas en la zona censal 1 de Población Chile**



*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.*

La zona censal 1 en el Criterio Climático evidencia resultados como una Distancia al Mar de 2.500 a 3.250 metros (rango medio), esta zona censal posee una presencia de Vegetación Ligera (rango medio), pues es principalmente Suelo Sin Vegetación. Además, en relación a las áreas verdes esta zona censal logra resultados como 92,81 m<sup>2</sup>/hab y 53,05% de área verde en base a la superficie de la zona censal, sin embargo, si se considera el sub-criterio anterior estas áreas verdes son suelos sin vegetación. La Amplitud Térmica Interestacional obtenida entre 2008 – 2018 es de 2,45°C, lo que se considera un rango medio dentro de la ciudad de Arica. Finalmente, el Criterio Geográfico en la zona censal 1 de Población Chile, demuestra resultados como construcciones de 1 piso y áreas sin edificaciones (0 pisos) en toda su extensión de la zona censal, asimismo posee Pendientes fuerte (10° - 20°), moderadamente escarpadas (20° - 30°) y escarpadas/muy escarpadas (30° - 90°) y en la Exposición Solar corresponden las categorías de solana y semi-solana. Tomando en cuenta el ejemplo anterior de la zona censal 1 de Población Chile, es que las demás zonas censales [2, 3 y 4] consiguen resultados que los posicionan en niveles de vulnerabilidad a los antes descritos.

### **3.3.2.1.2.- Distrito de José Miguel Carrera**

El distrito de José Miguel Carrera se ubica en el sector central de la urbe, asimismo, se configura con 3 zonas censales (véase figura N°39). José Miguel Carrera es de los distritos

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

que resulto en los niveles medios de VET en la ciudad, con la clasificación de sus zonas censales en los niveles “media alta” y “media”.

El nivel “media alta” es la clasificación alcanzada en la zc 3 de J. M. Carrera con un valor de vulnerabilidad de 2,576, mientras que en el nivel de vulnerabilidad “media” quedan catalogadas las zonas censales 1 y 2 con los valores medios de vulnerabilidad 2,875 y 2,898 respectivamente. Un ejemplo concreto para representar el nivel medio de VET es la zona censal 1 de J. M. Carrera, el cual presento resultados en el Criterio Socioeconómico como un nivel de Dependencia Demográfica “alta” (0,58), una categoría de Densidad Poblacional “muy baja” (1,03 hab/m<sup>2</sup>), en Hacinamiento resulto en un nivel “alto” (3,98 hab), en los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar consigue un promedio 10,95 años de escolaridad, menor a los 12 años recomendados con los que se considera el término de la enseñanza media, en los sub-criterios de educación se observan valores de 2,36 Personas con Estudios Universitarios por cada 10 habitantes (rango medio) y 2,93 Personas que Nunca Asistieron a la Educación Formal de cada 100 habitantes (rango bajo). Continuando con el Criterio de Infraestructura la zona censal 1 de J. M. Carrera tiene resultados relacionados a la Materialidad de la Vivienda considerados medios, en las Viviendas Aceptables tiene 7,84 viviendas de cada 10 (rango medio), en Viviendas Recuperables alcanza 1,89 viviendas por cada 10 (rango bajo) y en Viviendas Irrecuperables consigue 0,27 viviendas de cada 10 viviendas (rango bajo). Las viviendas en esta zona censal poseen una clara construcción de materiales de mejor calidad para el entorno que se asienta Arica (véase figura N°41). La electricidad consumida en esta zona censal es de rango bajo con \$6.698 pesos que se paga por habitante en electricidad.

**Figura N°41: Imágenes de viviendas en la zona censal 1 de J. M. Carrera**



*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.*

La zona censal 1 de J. M. Carrera en el Criterio Climático expone resultados como una Distancia al Mar de 1.500 a 1.750 metros (rango bueno). Las áreas verdes y vegetación de la zona censal quedan reducida a espacios destinados a ellas, ya que la superficie de la

zona censal está construida en su totalidad. La zona censal obtuvo resultados de Vegetación Mediana (rango medio) con el SAVI. Asimismo, alcanzó un resultado de 0,13 m<sup>2</sup>/hab y 0,14% de área verde en base a la superficie de la zona censal, con estos datos la zona censal queda posicionada con los más bajos resultados de área verde dentro de Arica. La Amplitud Térmica Interestacional entre 2008 – 2018 es de 1,46°C, lo que se considera un rango bajo. Por último, el Criterio Geográfico en la zona censal 1 de J. M. Carrera, demuestra resultados como la Altura de las Construcciones son principalmente de 1 piso y también existen áreas sin edificaciones (0 pisos), asimismo posee Pendientes horizontal/suave (0° - 5°) y en la Exposición Solar corresponden la categoría de solana. Considerando los resultados anteriores, muestra un posicionamiento voluble de la zona censal respecto de los sub-criterios, por eso, la zona censal 1 de José Miguel Carrera termina en una categoría de vulnerabilidad “media”, condición similar poseen las otras zonas censales [2 y 3].

### **3.3.2.1.3.- Distrito de Chinchorro**

El distrito Chinchorro se halla en el sector norponiente del área urbana y se compone de 7 zonas censales (véase figura N°39). Chinchorro es de los distritos que tiene los niveles menores VET en la ciudad, con la clasificación de sus zonas censales en los niveles “media baja”, “baja”, “muy baja” y “extremadamente baja”. El nivel “media baja” está solo en la zona censal 4 con un valor de vulnerabilidad de 3,354, la clasificación vulnerabilidad “baja” comprende la zona censal 3, la cual tiene un valor de vulnerabilidad de 3,605. La categoría “muy baja” agrupa a las zonas censales 5 y 7 con los valores de vulnerabilidad 3,575 y 3,798 respectivamente. Por último, la clasificación “extremadamente baja” está presente en las zonas censales 1, 2 y 6, obteniendo los valores de vulnerabilidad 4,191, 4,369 y 4,032 respectivamente, destaca la zona censal 2 de Chinchorro, pues es la que posee las condiciones más favorables de toda la ciudad y la que consigue un nivel de VET “Extremadamente bajo”.

Para representar la situación del distrito de Chinchorro, se considerará el ejemplo de la zona censal 2, la cual tiene resultados dentro del Criterio Socioeconómico muy positivos como el nivel de Dependencia Demográfica “baja” (0,42), un nivel de Densidad Poblacional “media” (5,81 hab/m<sup>2</sup>), en Hacinamiento se halla en la clasificación “bajo” (3,04 hab), en los Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar consigue un promedio 14,27 años de escolaridad, lo que refleja gran presencia de jefes(as) de hogar con estudios universitarios. En el sub-criterio de educación, también se observan valores favorables como 1,37 Personas con Estudios Universitarios por cada 10 habitantes (rango bajo) y 2,87 Personas que Nunca Asistieron a la Educación Formal de cada 100 habitantes (rango bajo). En relación al Criterio de Infraestructura la zona censal 2 de Chinchorro obtiene resultados de la Materialidad de la Vivienda considerados altos, en las viviendas aceptables tiene 9,49 viviendas de cada 10 (rango muy alto), en viviendas recuperables alcanza 0,47 viviendas por cada 10 (rango muy bajo) y en viviendas irrecuperables consigue 0,03 viviendas de cada 10 viviendas (rango bajo). Las viviendas en esta zona censal poseen una clara construcción de materiales de alta calidad (véase figura N°42), además se observan las construcciones según la

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

normativa vigente y estas viviendas son adecuadas al entorno que se asienta Arica. La electricidad consumida en esta zona censal es de rango alto con \$9.401 pesos que se paga por habitante en electricidad.

**Figura N°42: Imágenes de viviendas en la zona censal 2 de Chinchorro**



*Fuente: Elaboración propia, 2021; Basado en Google Street View, 2021.*

La zona censal 2, en el Criterio Climático expresa resultados como un rango de Distancia al Mar de 0 a 750 metros (rango muy bueno), posee una presencia de Vegetación Alta y extendida por toda la superficie de la zona censal. También destaca, las áreas verdes en esta zona censal alcanzan resultados como 50,58 m<sup>2</sup>/hab y 29,42% de área verde en base a la superficie de la zona censal, con estos datos de área verde ambos resultados quedan en una posición media. La Amplitud Térmica Interestacional es de 1,35°C entre 2008 – 2018, lo que se considera un rango bajo. Finalmente, el Criterio Geográfico en la zona censal 2 muestra resultados como el de la Altura de las Construcciones, del cual se vislumbra edificaciones de gran altura en la costa (18 pisos) y disminuyen hacia el este de la zona censal con construcciones de 1 piso y manzanas sin edificaciones (0 pisos), las Pendientes halladas en esta zona censal son horizontal/suave (0° - 5°) y moderada (5° - 10°), y en relación a la Exposición Solar predomina la categoría de solana. Considerando los buenos resultados anteriores, es como la zona censal 2 de Chinchorro logra ser la zona censal menos VET de Arica, las zonas censales [1, 3, 4, 5, 6 y 7] poseen una situación similar a la zona censal 2.

## CAPÍTULO 4: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

### 4.1.- Discusión

En Chile, existe una reciente toma de conciencia sobre temas energéticos y los alcances sobre la población, esta investigación establece una mirada sobre la situación de Vulnerabilidad Energética Territorial en una ciudad desértica, los resultados concernientes a la ciudad de Arica, de manera general, mostraron diferencias territoriales internas destacables y sectorizada, que vislumbran una ciudad heterogénea, en lo referente a la VET. Evaluaciones similares a VE y PE, se encuentran a nivel de barrio, por ejemplo: Pan Bendito en Madrid (Fernández, 2019) y Villa Altué Sur en la comuna de Renca, Chile (Rodríguez, 2021); a nivel de ciudad Montevideo (Contreras, 2019), Arica, Los Andes y Coyhaique (Amigo *et al.* 2021); también a nivel de país como es el caso de Argentina (Duran & Condorí, 2021) y España (Murias *et al.* 2019). De lo anterior, se demuestra que las evaluaciones de VET, VE y PE evidencian las diferencias internas de las unidades territoriales considerando distintas escalas en un mismo estudio (Bouzarovski, 2018; Amigo *et al.* 2021).

Las investigaciones referentes a VET abordan los problemas desde múltiples dimensiones, tal como está memoria, en estudios previos como Amigo *et al.* (2021), Contreras (2019), Duran & Condorí (2021), Fernández (2019), Murias *et al.* (2019) y Rodríguez (2021) han usado factores (criterios) e indicadores (sub-criterios) para desarrollar sus trabajos académicos. La diferencia crucial depende del enfoque y el lugar de la investigación, también de la amenaza, suscitará que destaquen unos u otros factores que expliquen la VET, no obstante, estos factores continuarían evidenciando los grados de vulnerabilidad que está presente en un determinado territorio.

En relación a los resultados, en el contexto interno de los hogares de Arica que corresponden a los Criterios Socioeconómico y de Infraestructura, la ciudad costera presenta sub-criterios que se inclinan a vislumbrar diferentes tipos de resultados favorables, medios y desfavorables, en esta última categoría caen sub-criterios como Dependencia Demográfica y Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar, en una escenario opuesto (favorable) se hallan los sub-criterios de Materialidad de la Vivienda (Aceptable, Recuperable e Irrecuperable), Valor Promedio Mensual de Electricidad por Persona, Densidad Poblacional, en un estado medio resultaron los sub-criterios Hacinamiento, Personas con Estudios Superiores y Personas que No Asistieron a la Educación Formal. El estudio de Amigo *et al.* (2021) en Arica expresa diferencia sobre los criterios y sub-criterios evaluados de lo propuesto en esta investigación de VET, ya que se centran principalmente en una escala a nivel de ciudad homogenizando el territorio, sin hacer una diferencia intraurbana. Ejemplo de esta diferencia, es que el trabajo de Amigo *et al.* (2021) muestra una tasa de Dependencia Demográfica del 48,9% a nivel de ciudad, sin hacer diferencias internas.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Sobre los resultados de la situación externa de la ciudad de Arica que congrega a los Criterios Climático y Geográfico, la urbe en lo Climático mostró principalmente resultados de los sub-criterios que son catalogados como favorables y medios, por ejemplo: es la Distancia del Mar y Áreas Verdes por Habitante; por el contrario, la ciudad en el Criterio Geográfico obtuvo de los sub-criterios resultados desfavorables, ejemplo de ello es Exposición Solar. Una diferencia notable entre lo señalado por Amigo *et al.* (2021), en comparación con esta investigación, indica que la ciudad comprende solo el “1%” de superficie con vegetación, contrastando lo demostrado en esta investigación que corresponde a un “24,65%” de la superficie de la ciudad. Lo relacionado al ámbito geográfico, no hay estudios que puedan verificar los resultados.

Por último, los resultados de la VET en Arica demuestran la situación actual y las diferencias territoriales internas presentes en la ciudad, vislumbrando las zonas censales junto a la línea de costa y el núcleo histórico en una condición sin VET, por el contrario, en el límite urbano oriente con un alto nivel de VET. Respecto de estos resultados, hay una inexistencia de investigaciones que visualicen las diferencias internas de Arica, pues el estudio realizado por Amigo *et al.* (2021) contempla la ciudad de Arica como una unidad territorial completa sin hacer distinciones internas.

Respecto de la metodología, la EMC (método AHP) y consulta a expertos permitió abordar las diferencias territoriales internas de Arica, mediante herramientas geográficas como Arcgis, Google Earth Pro, entre otras y asimismo plataformas como Google Earth Engine. La existencia de estudios previos con variada estructura metodológicas permite innovar, y demostrar que no hay un camino único para evaluar la VET, sin embargo, entre este estudio y los trabajos previos existe discrepancia en la forma de llegar a VET, en la mayoría de trabajos académicos cuantitativos se utiliza un “indicador general” que agrupa “indicadores menores” que evalúan aspectos puntuales como en las investigaciones de Amigo *et al.* (2021), Contreras (2019), Duran & Condorí (2021), Murias *et al.* (2021) y Rodríguez (2021). Una segunda diferencia es la manera de recoger los datos, unas investigaciones consideran encuestas de percepción del evaluador como Contreras (2019) y Rodríguez (2021) y otros utilizan los datos de fuentes primarias como censos e instituciones como Amigo *et al.* (2021), Duran & Condorí (2021) y Murias *et al.* (2021); igualmente, esta investigación uso datos provenientes de fuentes primarias. También, hay investigaciones con enfoque cualitativo como Amigo (2019) que realiza un trabajo Etnográfico en la ciudad de Coyhaique para vislumbrar la situación de VET y la cultura de la contaminación.

Las preguntas surgidas de las condiciones que existen actualmente en la ciudad de Arica fueron ***¿Cuál es el grado de vulnerabilidad energética territorial? ¿Qué elementos internos de la ciudad contribuyen a la condición de vulnerabilidad energética territorial? ¿Qué zonas de la ciudad son más propensas a ser vulnerables energéticamente?***

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Del primer cuestionamiento, Arica tiene una situación de heterogeneidad entre las zonas censales, pues la amplitud de resultados evidenciada en toda la ciudad muestra una diferencia marcada entre las zonas censales con condiciones favorables y aquellas que se encuentran con una situación de VET.

De la segunda pregunta **¿Qué elementos internos de la ciudad contribuyen a la condición de vulnerabilidad energética territorial?** Los elementos que tienen mayor contribución en la condición de VET, ha sido el Criterio Socioeconómico por sobre los demás criterios, sin embargo resaltar que cada criterios muestra un sub-criterio que destacan por sobremanera de los otros, por ejemplo: el sub-criterio Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar en el Criterio Socioeconómico, otros ejemplos son el sub-criterio de Viviendas de Materialidad Recuperables en el Criterio de Infraestructura, Amplitud Térmica Interestacional en el Criterio Climático, Exposición Solar en el Criterio Geográfico.

En esta investigación se planteó una tercera interrogante **¿Qué zonas de la ciudad son más propensas a ser vulnerables energéticamente?** Las zonas más propensas a sufrir una condición de VET, se hallan el límite urbano oriente de la ciudad, en específico, en los distritos de Azapa [zc 1], Las Torres [zc 1 y 4], Población Chile [zc 1, 3 y 4] y San José [zc 3] que se ubican en los sectores centro-norte y oriente. Las zonas propensas de sufrir una condición de VET reafirman esta condición con cada sub-criterio y criterio evaluado en el transcurso de la investigación, por ejemplo: Criterio Socioeconómico y Criterio de Infraestructura, los cuales muestran un nivel de vulnerabilidad “muy alta” en estas zonas censales señaladas previamente, igualmente el Criterio Climático y Criterio Geográfico manifiestan un nivel de vulnerabilidad “alta”.

Las preguntas realizadas en esta investigación han obtenido una adecuada respuesta, por lo tanto, lo enunciado en las secciones de los capítulos de Presentación, Planteamientos Metodológicos y Resultados, ha demostrado correspondencia en esta investigación.

En esta investigación, si bien se logró llevar a cabo los tres objetivos específicos, por consiguiente, el objetivo general; hay limitaciones sucedidas dentro de este estudio sobre la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de la isla de calor urbana en la ciudad de Arica. Una importante limitante es la no consideración de un mayor número de criterios y sub-criterios actualmente debatidos de manera teórica, puesto que hay una restringida disponibilidad de datos, por ejemplo, servicio energéticos, además se puede mencionar que hay variables que presentan inexistencia de datos, ejemplo acceso a gas, lo cual permitiría integrar el agua sanitaria como factor de VET.

Una segunda limitante, es disponibilidad de datos que no presentan una disgregación en diferentes escalas, generalmente expuesto por instituciones a nivel de ciudad sin hacer diferencias internas que permitan comprender la situación de la urbe, por ejemplo: humedad relativa, pobreza, velocidad del viento, entre otras.

## *“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Una tercera limitante, es la escala de los resultados a nivel de zona censal, esta propuesta de unidad territorial creada por el INE (institución nacional), no tiene un reconocimiento por parte de la Ilustre Municipalidad de Arica (institución local), porque el municipio registra como mecanismo intermedio de trabajo las unidades vecinales (agrupa poblaciones y villas) para aplicar planes de mejoramiento a la comunidad (I. Municipalidad de Arica, 2021).

Otras limitantes, responden a la situación ocurrida en el país respecto del virus SARS-COV-2, la imposibilidad de realizar terrenos para comprobar los resultados obtenidos en la EMC de la VET de Arica, puesto que se mantuvieron cuarentenas. También, se restringió la metodología a una perspectiva cuantitativa, pues abordar metodologías cualitativas implicaba visitar hogares para aplicar encuestas de percepción del evaluador, realizar mediciones en lugares cerrados y/o encuestar/entrevistar a personas en terreno. Por último, una tercera limitante derivada del virus, fue la consulta a expertos que consto de solo 5 personas, lo que no representa un grado de confiabilidad, pues la situación me impidió encuestarlos de manera presencial, sumado a que expertos(as) desistieron de realizar esta encuesta por la metodología utilizada, lo que limito ampliar el número de respuesta para esta investigación.

### **4.2.- Conclusión**

En el presente estudio de Vulnerabilidad Energética Territorial de Arica frente a una amenaza de Isla de Calor Urbana, ha demostrado una diferencia territorial interna importante y sectorizada, la diferencia territorial esta entre las zonas censales de los distritos de la línea de costa y las zonas censales de los distritos del límite urbano oriente de Arica.

Los distritos como: Chinchorro, Fuerte Ciudadela, Puerto y Regimiento que se encuentran los sectores (centro histórico, norponiente y sur) junto a la línea de costa obtienen las condiciones más favorables de los Criterios Socioeconómico, Infraestructura, Climático y Geográfico, por otra parte los distritos Azapa, Las Torres, Población Chile y San José de los sectores (centro-norte, nororiente y oriente) del límite urbano oriental poseen las circunstancias menos favorables de los Criterios evaluados. Los restantes 8 distritos de Arica pertenecen a sectores (central, centro-norte, nororiente y sur) con un nivel de vulnerabilidad media localizándose principalmente en el área central de la ciudad. También, destacar que Arica presento distritos homogéneos y heterogéneos referente a sus zonas censales, compartiendo similares niveles de vulnerabilidad, en relación a los distritos con resultados homogéneos están Chinchorro, J. M. Balmaceda, J. M. Carrera, Parque Lauca, Población Chile, Puerto y Regimiento y por otra parte los heterogéneos son Azapa, Cancha Rayada, Carlos Dittborn, Condell, El Morro, Fuerte Ciudadela, Las Torres, Pedro Blanquiere y San José.

Esta investigación permite la visualización de las zonas censales de Arica que tienen una situación de VET frente a una amenaza de ICU, asimismo se obtiene el número de viviendas

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

y habitantes que son susceptibles de VET. Con lo anterior, se puede generar soluciones que posibiliten superar la VET de forma permanentemente, por ejemplo, proponiendo *“lineamientos y soluciones de política pública para **mejorar la calidad de vida de las personas**”* (Rodríguez, 2021. 102 p), además focalizar programas gubernamentales como “Con Buena Energía” a zonas específicas de la ciudad, igualmente desde el nivel local incluir el tema de la VET en el Plan de Energía y Alumbrado de la Ilustre Municipalidad de Arica (I. Municipalidad de Arica, 2021) o también llevar a cabo aportes desde la academia como el plan Piloto de “Superando la Vulnerabilidad Energética en Renca” a la ciudad de Arica.

Los resultados obtenidos durante este estudio no son definitivos, podrían ser complementados ampliando el número de criterios y sub-criterios, por ejemplo, abordando criterios como género, institucionalidad, política, cultura, servicios energéticos, entre otros. Además, se podría robustecer con datos proporcionados por más instituciones públicas y privadas, y también por los habitantes de la urbe. Otra consideración es la temporalidad, que se evalué permanentemente la misma área de estudio para ver diferencias temporales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Abad, B.** (2018) Estudio comparativo multicriterio para la toma de decisiones para la localización del parque solar fotovoltaico en la Empresa Eléctrica de Ciego de Ávila (Trabajo de Diploma). Universidad Central Marta Abreu de las villas. Facultad de ingeniería mecánica e industrial. Disponible en:

<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/9725/Abad%20Ferras%2C%20Beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Álvarez, M., Oñate-Valdivieso, F., Esparza, C. & Oñate-Paladines, A.** (2020) Evaluación multicriterio aplicada al análisis de movimientos en masa en carreteras de montaña: un caso de estudio en los Andes del sur del Ecuador. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 17(2). Disponible en: <https://revistas.unilivre.edu.co/index.php/avances/article/view/6633/6220>

**Amigo, C.** (2019) Cultura y vulnerabilidad energética territorial: el problema de la contaminación en Coyhaique (Tesis de Maestría). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Sociales. Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173897/Cultura%20y%20vulnerabilidad%20energ%C3%A9tica%20territorial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Amigo, C., Billi, M., Fleischmann, M., Urquiza, A., Álamos, N. & Navea, J.** (2021) Territorial Energy Vulnerability Assessment to Enhance Just Energy Transition of Cities. *Front. Sustain. Cities*. Vol 3. N°635976. Disponible en:

<http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2021/08/Territorial-Energy-Vulnerability-Assessment-to-Enhance-Just-Energy-Transition-of-Cities.pdf>

**Blender, M.** (2015) Isla de Calor Urbana. Arquitectura y energía. Disponible en:

<http://www.arquitecturayenergia.cl/home/isla-de-calor-urbana/>

**Biblioteca del Congreso Nacional** (2017) Reportes estadísticos comunales 2017: Comuna de Arica. Disponible en: <https://reportescomunales.bcn.cl/2017/index.php/Arica>

**Bouzarovski, S. & Petrova, S.** (2015) A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research and Social Science*. Vol. 10. 31-40 pp. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221462961500078X>

**Bouzarovski, S., Petrova, S. & Tirado-Herrero, S.** (2014) From Fuel Poverty to Energy Vulnerability: The Importance of Services, Needs and Practices. SPRU Working Paper Series 2014-25, SPRU-Science and Technology Policy Research, University of Sussex. Disponible en: <https://ideas.repec.org/p/sru/ssewps/2014-25.html>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Bouzarovski, S., Tirado-Herrero, S., Petrova, S., Frankowski, J., Matousek, R. & Maltby, T.** (2017). Multiple transformations: theorizing energy vulnerability as a sociospatial phenomenon. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 99:1, 20-41pp. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/04353684.2016.1276733>

**Bouzarovski, S.** (2018) Understanding Energy Poverty, Vulnerability and Justice. *Energy Poverty* (pp. 9–39). Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69299-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69299-9_2)

**Berumen, S. & Llamazares, F.** (2007) La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el ahp) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, vol. 20, núm. 34, 65-87 pp. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/205/20503404.pdf>

**Cámara Chilena de la Construcción [CChC]** (2011) Visión de Ciudad para Arica, Propuesta de la Cámara Chilena de la Construcción. Disponible en: <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/22593.pdf>

**Campos, H., Díaz, G. & Campos, C.** (2007) Aportes sedimentarios de los ríos Lluta y San José en la zona costera de la rada de Arica, Chile. *IDESIA (Chile)* Vol. 25, Nº 2; 37-48 pp. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292007000200005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000200005)

**Casillas-Higuera, A., García-Cueto, R., Leyva-Camacho, O. & González-Navarro, F.** (2014) Detección de la isla urbana de calor mediante el modelado dinámico en Mexicali, B.C., México. *Revista: Información tecnológica*. vol.25 no.1 La Serena. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642014000100015](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000100015)

**Castillo, E., Mite, J. & Pérez, J.** (2019) Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *Universidad y Sociedad* vol.11 no.4. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000400303](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400303)

**Castillo, I.** (2020) Clima urbano de espacios públicos en Peñalolén: Confort térmico exterior como un caso de injusticia climática (Memoria de pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175847/Clima-urbano-de-espacios-publicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Castelao, M. & Méndez, F.** (2019) La pobreza energética desde una perspectiva de género en hogares urbanos de Argentina. *SaberEs*. Vol. 11 Núm. 2. 133-151. Disponible: <https://saberes.unr.edu.ar/index.php/revista/article/view/186/167167192>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Castro, Y., Fernández, E. & Álvarez, A.** (2015) Influencia de la forma urbana en el microclima térmico de Sagua la Grande. *Arquitectura y urbanismo*. vol.36 no.1 La Habana. Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-58982015000100003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982015000100003)

**Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>** (2018) Simulaciones climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad. Universidad de Chile, Facultad de Matemáticas y ciencias Físicas. Disponible en:  
<http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2019/06/Simulaciones-clima%CC%81ticas-regionales-2018.pdf>

**Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>** (2019) Explorador Climático. Meteo Data. Disponible en: <http://explorador.cr2.cl/>

**Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]** (2019) DEM Alos Palsar Región de Arica y Parinacota. Disponible en:  
<https://www.ide.cl/index.php/imagenes-y-mapas-base/item/1562-dem-alos-palsar-region-de-arica-y-parinacota>

**CGE Distribución S.A.** (2018) Acuerdo de fusión entre Compañía general de electricidad S.A., Empresa Eléctrica de Arica S.A., Empresa Eléctrica de Iquique S.A. y Empresa Eléctrica de Antofagasta S.A. Disponible en:  
[https://www.cge.cl/wp-content/uploads/empresas/CGE/2016/03/Acuerdo\\_de\\_Fusion\\_Final.pdf](https://www.cge.cl/wp-content/uploads/empresas/CGE/2016/03/Acuerdo_de_Fusion_Final.pdf)

**CGE Distribución S.A.** (2017) Empresas Emelari, Eliqsa, Elecda, Emelat: Tarifas de Suministro Eléctrico Retroactivas. Disponible en:  
<http://legales.elmostrador.cl/?page=5&titulo=+Suministro+el%C3%A9ctrico&ini=01%2F01%2F2017&fin=01%2F01%2F2018&car=22>

**CGE Distribución S.A.** (2021) Conoce tu boleta. Disponible en:  
<https://www.cge.cl/informacion-comercial/conoce-tu-boleta/>

**Comisión Nacional de Energía [CNE]** (2017) Tarificación Eléctrica. Disponible en:  
<https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/valor-agregado-de-distribucion/opciones-tarifarias-a-usuarios-finales/>

**Comisión Nacional de Energía [CNE]** (2020) Consumo Eléctrico Anual por Comuna y Tipo de Cliente. Disponible en:  
<http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/241686/consumo-electrico-anual-por-comuna-y-tipo-de-cliente/>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Contreras, S.** (2019) Vulnerabilidad energética en Montevideo y área metropolitana: conceptualización, medición y distribución (Tesis de Maestría). Universidad de la Republica. Facultad de ciencias sociales. Disponible en:  
[https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23444/1/TUM\\_ContrerasSoledad.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23444/1/TUM_ContrerasSoledad.pdf)

**Cuesta, J.** (2020) Caracterización de la Isla de Calor Urbana (ICU) mediante el uso de imágenes obtenidas por satélite, procesadas mediante software de código abierto Qgis. Aplicación al caso de Valencia (Tesis de Maestría). Universitat Politècnica de Valencia. Ets Ingenieros de caminos, canales y puertos. Disponible en: <https://n9.cl/tbqz1>

**Cújar, A. & Julio, G.** (2016) Evaluación de las condiciones térmicas ambientales del área de producción en una panadería en Cereté (Córdoba). Entramado. Vol. 12 No. 1. 332-343. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v12n1/v12n1a21.pdf>

**Desvallées, L.** (2021) Identificación, localización y caracterización de la vulnerabilidad energética a nivel de sección censal en el municipio de Barcelona. Scripta nova, Université de Barcelone, 25 (1), pp.239-263. Disponible en:  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03185072/document>

**Díaz-Naveas, J. & Frutos, J.** (2010) Geología Marina de Chile. Comité Oceanográfico Nacional de Chile - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Valparaíso, Chile. Disponible en:  
[http://www.cona.cl/pub/detalle\\_cientifica.php?pub=1](http://www.cona.cl/pub/detalle_cientifica.php?pub=1)

**Dirección General de Agua [DGA]** (2016) Atlas del Agua. Ministerio de Obras Públicas. Disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/sad/Atlas2016parte1.pdf>

**Dirección Meteorológica de Chile [DMC]** (2020) Informe climatológico diario nacional. Disponible:  
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/boletinClimatologicoDiario/actual>

**Durán, R., & Condorí, M.** (2021) Vulnerabilidad energética y socioeconómica en los hogares de Argentina Cuadernos Geográficos 60 (1), 156-180. Disponible en:  
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/14102/13721>

**Energía Región** (2021) Región de Arica y Parinacota. Comisión Nacional de Energía. Ministerio de Energía. Disponible en:  
<https://energiaregion.cl/region/AyP>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Fachelli, S. & López – Roldán, P.** (2017) Análisis del sistema universitario argentino. Una propuesta inicial de indicadores. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2017/171528/Indicadores\\_del\\_sistema\\_universitario\\_argentino.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2017/171528/Indicadores_del_sistema_universitario_argentino.pdf)

**Farrelli, F., Bustos, M. & Piccolo, M.** (2016) La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. Estudios Geográficos Vol. LXXVII, 281, pp. 469-489. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/312356005\\_La\\_expansion\\_urbana\\_y\\_sus\\_impactos\\_sobre\\_el\\_clima\\_y\\_la\\_sociedad\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Bahia\\_Blanca\\_Argentina/fulltext/587dee0908aed3826af3c03a/La-expansion-urbana-y-sus-impactos-sobre-el-clima-y-la-sociedad-de-la-ciudad-de-Bahia-Blanca-Argentina.pdf](https://www.researchgate.net/publication/312356005_La_expansion_urbana_y_sus_impactos_sobre_el_clima_y_la_sociedad_de_la_ciudad_de_Bahia_Blanca_Argentina/fulltext/587dee0908aed3826af3c03a/La-expansion-urbana-y-sus-impactos-sobre-el-clima-y-la-sociedad-de-la-ciudad-de-Bahia-Blanca-Argentina.pdf)

**Fernández, I.** (2018) Evolución de la pobreza energética durante la última recesión económica. Universidad del País Vasco. Disponible en: [https://www.bc3research.org/images/stories/BBK%20CRECIMIENTO%20VERDE/tfm\\_ion\\_fernandez.pdf](https://www.bc3research.org/images/stories/BBK%20CRECIMIENTO%20VERDE/tfm_ion_fernandez.pdf)

**Fernández, J.** (2019) Vulnerabilidad y pobreza energética. Colonia de Pan Bendito. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Arquitectura y tecnologías constructivas. Disponible en: [http://oa.upm.es/55970/1/TFG\\_Fernandez\\_%20Amor\\_Jose%20Maria.pdf](http://oa.upm.es/55970/1/TFG_Fernandez_%20Amor_Jose%20Maria.pdf)

**García, R., Wegertseder, P., Baeriswyl, S. & Trebilcock, M.** (2014) Mapa energético-solar de Concepción: cartografía urbana del consumo energético y captación solar en edificaciones residenciales de Concepción, Chile. Revista geográfica del Norte Grande. N°59. Santiago. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022014000300008](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022014000300008)

**Gatica, D.** (2017) Mercado eléctrico y generadores de ERNC: análisis de las Leyes No. 20.805 y No. 20.936 (Memoria de Pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Derecho. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146823/Mercado-el%c3%a9ctrico-y-generadores-de-ERNC-an%c3%a1lisis-de-las-Leyes-No-20.805-y-No-20.936.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

**Gonzaga, C.** (2014). Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf?sequence=1)

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Grajales, A. Serrano, E. & Hahn, C.** (2013) Los métodos y procesos para la evaluación. Luna Azul. Vol. N°36. 285 – 306 pp. Disponible en:  
[http://190.15.17.25/lunazul/downloads/Lunazul36\\_14.pdf](http://190.15.17.25/lunazul/downloads/Lunazul36_14.pdf)

**Gutiérrez, F.** (2019) Soberanía energética, propuestas y debates desde el campo popular. Argentina, Buenos Aires. Jinete Insomne. Disponible en:  
<https://tallerecologista.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/Libro-Soberania-energetica-WEB.pdf#page=193>

**Hernández, T.** (2019) Caracterización de los efectos de la isla de calor en la Delegación Venustiano Carranza, Ciudad de México (Memoria de Pregrado). Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en:  
[http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografiahumana/wp-content/uploads/2019/07/3\\_Tania\\_Yanet\\_Hernandez\\_Godinez.pdf](http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografiahumana/wp-content/uploads/2019/07/3_Tania_Yanet_Hernandez_Godinez.pdf)

**Ilustre Municipalidad de Arica** (2016) PLADECO Arica 2016 – 2020, Plan de Desarrollo Comunal. Disponible en: <https://www.muniarica.cl/pladeco/Parte1.pdf>

**Ilustre Municipalidad de Arica** (2021) Plan de Desarrollo Comunal (2021 – 2031), Construyamos juntos el Arica del futuro. Disponible en:  
<https://transparencia.municipalidaddearica.cl/uploads/file/LEY20285/2021/DICIEMBRE/pladeco-2021-2031.pdf>

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]** (2016) Atlas de Zonificación Agroclimática de la Región de Arica y Parinacota, Chile. Libro INIA. N°35. Disponible en:  
<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/libros/NR41901.pdf>

**Instituto Geográfico Militar [IGM]** (2008) Atlas de la república de Chile XV Región de Arica y Parinacota. Editorial Lo Castillo, Santiago.

**Instituto Nacional de Estadísticas [INE]** (2017) Resultados Censo 2017. Disponible en:  
<http://resultados.censo2017.cl/>

**Instituto Nacional de Estadísticas [INE (A)]** (2018) Característica de la inmigración internacional en Chile: Glosario. Disponible en:  
<http://www.censo2017.cl/descargas/inmigracion/181123-glosario.pdf>

**Instituto Nacional de Estadísticas [INE (B)]** (2018) Conceptos indicadores, tablas y gráficos, Resultados Censo 2017. Disponible en:  
[http://resultados.censo2017.cl/download/Conceptos\\_Indicadores.pdf](http://resultados.censo2017.cl/download/Conceptos_Indicadores.pdf)

**Instituto Nacional de Estadísticas [INE (A)]** (2019) Densidad de Población. Disponible:  
<https://www.ine.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/poblacion/densidad>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Instituto Nacional de Estadísticas [INE (B)]** (2019) INE presenta mapas que muestran comunas con mejor y peor acceso a áreas verdes en el país. Disponible en: <https://www.ine.cl/prensa/2019/10/16/ine-presenta-mapas-que-muestran-comunas-con-mejor-y-peor-acceso-a-%C3%A1reas-verdes-en-el-pa%C3%ADs>

**Instituto Nacional de Estadísticas [C]** (2018) Metodología para medir el crecimiento físico de los asentamientos humanos en Chile: Región de Arica y Parinacota. Disponible en: <https://ine-chile.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2d4cab2eee144bcc984ab972ec3f9847>

**Letelier, A.** (2020) Estudio de la isla de calor urbana en Santiago Centro entre 2016 y 2017, bajo la mirada de la planificación y diseño sensible al clima (Memoria de pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178096>

**Louie, H.** (2018) Off-grid electrical systems in developing countries. Seattle, Estados Unidos. Springer.

**Manzano, F. & Velásquez, G.** (2010) Propuesta de índice de dependencia económica para áreas menores. Su aplicación a la Región Metropolitana de Buenos Aires, Argentina. Cadernos Metropole. vol.22 no.47 São Paulo. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2236-99962020000100297&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2236-99962020000100297&script=sci_arttext)

**Martínez, C.** (2015) Mapas: La urbanización en el mundo entre 1950 y 2030. Plataforma urbana. Disponible en: <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/02/16/mapas-la-urbanizacion-en-el-mundo-entre-1950-y-2030/>

**Martínez – Menes, M., López-Pérez, A., & Fernández-Reinoso, D.** (2015) Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. Tecnología y ciencias del agua vol.6 no.1 Jiutepec. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222015000100007#c2](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000100007#c2)

**Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D. & García, D.** (2019) Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. Ingeniare revista chilena de ingeniería. Vol.27 N°3. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052019000300348](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000300348)

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Mesina, A.** (2003) Análisis del sistema físico natural en la detección de peligros naturales: definición de áreas de riesgo natural: Definición de áreas de Riesgo Natural. Corredor Comercial Paso Doña Rosa, IV Región de Coquimbo (Memoria de Pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

**Middlemiss, L. & Gillard, R.** (2015) Fuel poverty from the bottom-up: Characterising household energy vulnerability through the lived experience of the fuel poor. *Energy Research & Social Science*. Vol 6, Pp.146-154. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629615000213>

**Ministerio de Desarrollo Social y Familia** (2014) Vivienda, Índice de hacinamiento. Disponible en: [http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen/casen\\_def\\_vivienda.php](http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen/casen_def_vivienda.php)

**Ministerio de Economía** (2007). D.F.L. N°4. Ley general de servicios eléctricos. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=258171>

**Ministerio de Energía** (2018) Programa Con Buena Energía. Disponible en: <https://www.energia.gob.cl/programa-con-buena-energia>

**Ministerio de Energía** (2019) Mapa de Vulnerabilidad energética, Síntesis metodológica y resultados. Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento\\_de\\_metodologia\\_y\\_resultados\\_0.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento_de_metodologia_y_resultados_0.pdf)

**Ministerio de Medio Ambiente** (2020) Atlas de riesgo climático [Arclim]: Efecto de la isla de calor urbana. Disponible en: [https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/isla\\_calor\\_urbana/](https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/isla_calor_urbana/)

**Municipalidad de Curridabat** (2019) Islas de calor, impactos y respuestas: El caso del cantón de Curridabat. Curridabat-Costa Rica. Disponible en: [https://ghhin.org/wp-content/uploads/Islas-de-Calor\\_Curridabat.pdf](https://ghhin.org/wp-content/uploads/Islas-de-Calor_Curridabat.pdf)

**Muñoz, P.** (2013) Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema%20Indices%20de%20vegetaci%C3%B3n%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf?sequence=1&isAlloved=y>

**Murias, P., Valcárcel-Aguilar, B. & Rogueiro-Ferreira, R.** (2020) A Territorial Estimate for Household Energy Vulnerability: An Application for Spain. *Sustainability*, 12, 5904. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12155904>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Nantes, E.** (2019) El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. Investigación Operativa. N°46. 54 -73 pp.

**Ochoa, R.** (2014) Pobreza energética en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas, Santiago de Chile. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36661/1/S2014039\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36661/1/S2014039_es.pdf)

**Ochoa, R. & Graizbord, B.** (2016) Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. Economía, sociedad y territorio vol.16 no.51. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212016000200289](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212016000200289)

**Oke, T.** (1987) Boundary Layer Climates (2a. ed.). London: Routledge.

**Olave, D.** (2015) El sistema urbano de Chile en los albores del siglo XXI. Revista Tiempo Espacio. Vol 9 – 10. 33 – 40 pp. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/TYE/article/view/1626>

**Oliveras, L., Peralta, A., Palencia, L., Gotsens, M., López, M., Artazcoz, L., Borrell, C. & Marí-Dell’Olmo, M.** (2021) Energy poverty and health: Trends in the European Union before and during the economic crisis, 2007–2016. Heath & Place. Vol. 67. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353829219303077>

**Organización de las Naciones Unidas [ONU]** (2018) Las Ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

**Ortega, F.** (2018) Isla de Calor Urbana de Santiago y microclima en el espacio público: de la medición a la percepción. El caso del barrio Italia en la comuna de Providencia, Chile (Tesis de Magister). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Disponible: <repositorio.uchile.cl/handle/2250/170696>

**Ortega, R.** (2019) Evaluación del riesgo de incendios forestales para contribuir a su reducción en las comunidades de la Diócesis de Talca, Región del Maule (Memoria de Pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173659/evaluacion-riesgo-incendios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Pacheco, J. & Contreras, E.** (2008) Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/1/manual58\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/1/manual58_es.pdf)

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Pellicer-Sifres, V.** (2018) Ampliando la comprensión de la pobreza energética desde el enfoque de capacidades: hacia una mirada construida desde las personas afectadas. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, forthcoming. Disponible en: <https://niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/documento%20web.pdf>

**Red de Pobreza Energética [RedPE (A)]** (2019) Monitoreo y seguimiento piloto “Superando la vulnerabilidad energética en Renca”. Universidad de Chile. Disponible en: <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2019/03/MONITOREO-Y-SEGUIMIENTO-PILOTO-RENCA-FINAL-CON-ISBN.pdf>

**Red de Pobreza Energética [RedPE (B)]** (2019) Policy paper Pobreza energética: El acceso desigual a energía de calidad como barrera para el desarrollo de Chile. Universidad de Chile. Disponible en: <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2020/09/Policy-Paper-Pobreza-Energe%CC%81tica.-El-acceso-desigual-a-energi%CC%81a-de-calidad-como-barrera-para-el-desarrollo-en-Chile.pdf>

**Red de Pobreza Energética [RedPE]** (2020) Vulnerabilidad energética territorial: Desigualdad más allá del hogar. Universidad de Chile. Disponible en: [http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2020/11/VF\\_Informe-VET.pdf](http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2020/11/VF_Informe-VET.pdf)

**Renee, M.** (2017) Amplitud Térmica. *Agrobarrow*. N°60, 20 – 21 pp. Disponible en: [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3125/Agro\\_barrow\\_60\\_p.20-21.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3125/Agro_barrow_60_p.20-21.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Reyes, S. & Figueroa, I.** (2010) Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE*. Vol 36. N°109. 89 – 110 pp. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v36n109/art04.pdf>

**Rodríguez, B.** (2021) Indicador multidimensional de pobreza energética integrando confort térmico de verano en ciudades con clima cálido seco (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/62804>

**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). Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-83582010000300005](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-83582010000300005)

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Saa-Vidal, R., Ubilla-Bravo, G., Johnson-Amorrortu, B., Espíndola, L., Cuevas, R. & Vallejos M.** (2018) Capítulo 8. Asentamientos Humanos (Informe país Chile 2018). Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile. Disponible en:

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02418595/document>

**Salas, V.** (2011) Modelo de priorización de proyectos de inversión pública con enfoque multicriterio: caso SEMAPA. PERSPECTIVAS, núm. 28. 63-90 pp. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941257004.pdf>

**Salinas, E. & Pérez, L.** (2011) Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación. Revista de Geografía Norte Grande, Vol N° 49: PP 79-97. Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n49/art06.pdf>

**Sánchez, C.** (2018) De la vulnerabilidad energética al derecho a la energía. Ecologistas en Acción. España. Disponible en:

<https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2018/12/informe-pobreza-energetica-2018.pdf>

**Sánchez, R.** (2013) Respuestas Urbanas al cambio climático en América latina. Organización de las Naciones Unidas [ONU]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. Disponible en:

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36622/1/S2013813\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36622/1/S2013813_es.pdf)

**Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M. & Meseguer-Ruiz, Ó.** (2016) Climatic regionalisation of continental Chile. Journal of Maps. N°13. Disponible en:

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2016.1259592>

**Sarricolea, P. & Romero, H.** (2010) Análisis de factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso, Chile. Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2010, Año V, núm. 14. P. 79-96. Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117841/Sarricolea-Romero.pdf?sequence=1>

**Servicio de Evaluación Ambiental [SEA]** (2013) Guía de para la descripción del uso del territorio en el SEIA. Disponible en:

[https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration\\_files/guias/guia\\_uso\\_del\\_territorio.pdf](https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/guias/guia_uso_del_territorio.pdf)

**Servicio de Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada [SHOA]** (2014) Temperatura Superficial del Mar (TMS). Disponible en: <https://shoa.cl/php/tsm.php?idioma=es>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Servicio Nacional de Geología y Minería [SERNAGEOMIN]** (2003) Mapa geológico de Chile: versión digital, No.4, versión 1.0. Disponible en:  
<http://www.ipgp.fr/~dechabal/Geol-millon.pdf>

**Sjovold, K.** (2019) El efecto de la isla de calor urbana Sao Paulo, Brasil. Disponible en:  
<https://storymaps.arcgis.com/stories/5301089fe041469c9820b56d92148232>

**Smith, P. & Romero, H.** (2016) Factores explicativos de la distribución espacial de la temperatura del aire de verano en Santiago de Chile. Revista de Geografía Norte Grande. N° 63. Disponible en:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022016000100004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022016000100004)

**Soto, E., Álvarez, F., Gómez, J. & Valencia, D.** (2019) Confort térmico en viviendas de Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 18(35). 51-68 pp. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-51.pdf>

**Soza-Amigo, S. & Correa, L.** (2014) Regiones extremas chilenas y su invisibilidad económica. Revista Si Somos Americanos. vol.14, N°2. Disponible en:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-09482014000200008](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-09482014000200008)

**Toro, C.** (2021) Análisis de la relación de la isla de calor urbana superficial y el crecimiento poblacional a escala local en Chile entre el año 2008 y 2018 (Memoria de Pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

**Torrent, H.** (2019) Arica, 1950-80: La forma urbana del desarrollo. Estructura y lógica de partes en el crecimiento extensivo. Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo [SIU].

**Tumini, I.** (2014) Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. Madrid: Sustainable building conference. Disponible en:  
[http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-28\\_11-40-05111072.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-28_11-40-05111072.pdf)

**Ubilla, G.** (2007) Diagnóstico y Propuesta de Ordenamiento Territorial para la comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Disponible en:  
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101138>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Ureta, W.** (2019) Viabilidad de la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio dentro de estudios de prefactibilidad y factibilidad de proyectos de infraestructura de riego en Chile (Tesis de Maestría). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Física y Matemáticas. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170219/Viabilidad-de-la-aplicacion-de-la-metodologia-de-evaluacion-multicriterio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Urquiza, A. & Bili, M.** (2020) Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe. Definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población. ONU, CEPAL. Disponible en:

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46408/1/S2000631\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46408/1/S2000631_es.pdf)

**Vázquez, A.** (2017) Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. Revista geográfica del Norte Grande. no.63. Santiago. Recuperado en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022016000100005&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022016000100005&script=sci_arttext)

**Vilches, A., Gil, D., Toscano, J. & Macías, O.** (2014) Urbanización y Sostenibilidad. OEI. Disponible en: <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=15>

**Vicuña, J. & Rojas, T.** (2015) Migración en Arica y Parinacota: Panoramas y tendencias de una región fronteriza. Santiago, Chile. Ediciones Universidad Alberto Hurtado. Disponible: <https://bibliotecadigital.indh.cl/bitstream/handle/123456789/911/Migraci%F3n%20en%20Arica%20y%20Parinacota.pdf?sequence=1>

**Williams, C.** (2019) Intensidad de las islas de calor urbanas superficiales en las principales conurbaciones de la V Región de Valparaíso y factores geográficos explicativos para el caso específico de la conurbación del Gran Valparaíso (Memoria de Pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173610>

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**ANEXOS**

**Anexo N°1: Consumo de energía según Clientes Residenciales (kWh) por macrozona**

<b>Consumo de energía: Clientes residenciales (kWh)</b>						
<b>Macrozona (Clasificación (CR)2)*</b>	<b>2019</b>	<b>2018</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>	<b>Periodo 2015-2019</b>
<b>Norte Grande</b>	705.071.842	710.790.237	704.195.511	704.354.184	702.815.876	3.527.227.650
<b>Altiplano**</b>	127.291.150	125.552.642	124.595.271	125.796.352	126.659.272	629.894.687
<b>Norte Chico</b>	702.086.440	709.198.596	681.239.552	665.092.026	652.315.909	3.409.932.523
<b>Chile Central</b>	9.259.155.033	9.060.759.330	8.898.369.521	8.589.245.467	8.412.617.879	44.220.147.230
<b>Sur</b>	2.925.562.646	2.876.089.953	2.717.252.314	2.604.619.532	2.547.530.003	13.671.054.448
<b>Patagonia Norte***</b>	74.706.261	72.714.797	66.894.492	62.182.238	58.555.771	335.053.559
<b>Patagonia Sur</b>	131.163.825	129.979.574	124.780.834	123.222.823	118.898.568	628.045.624
<b>Total</b>	13.925.037.197	13.685.085.129	13.317.327.495	12.874.512.622	12.619.393.278	66.421.355.721

\* (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, 2018; 8 p).

\*\* Corresponde a las comunas de Antofagasta (distrito 13 del Censo 2017), Calama, Camarones (distrito 2 del Censo 2017), Colchane, General Lagos, Ollagüe, Pica (distrito 2, 3 y 4 del Censo 2017), Putre y San Pedro de Atacama

\*\*\* Corresponde a todas las comunas de la región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo y Natales (distrito 4 del Censo 2017).

*Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en CNE, 2020.*

**Anexo N°2: Variación porcentual en el consumo de energía de la macrozona Norte Grande**

<b>Macrozona (Clasificación (CR)2)*</b>	<b>2019</b>	<b>2018</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>	<b>Promedio de variación porcentual 2015-2019</b>
<b>Norte Grande (kWh)</b>	705.071.842	710.790.237	704.195.511	704.354.184	702.815.876	-
<b>Variación porcentual en el consumo de electricidad</b>	-0,80%	0,94%	-0,02%	0,22%	0,00%	0,07%

*Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en CNE, 2020.*

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Anexo N°3: Promedio de pago por la cuenta de la luz por región e interrupción del servicio eléctrico.**

<b>Región</b>	<b>Promedio del pago de la cuenta de electricidad (pesos)</b>	<b>Interrupción del servicio eléctrico (horas)</b>	<b>Región</b>	<b>Promedio del pago de la cuenta de electricidad (pesos)</b>	<b>Interrupción del servicio eléctrico (horas)</b>
<b>Arica y Parinacota</b>	23.454	1,35	<b>Maule</b>	23.598	3,49
<b>Tarapacá</b>	23.074	3,42	<b>Ñuble</b>	24.647	3,34
<b>Antofagasta</b>	20.667	1,34	<b>Biobío</b>	24.329	2,44
<b>Atacama</b>	22.720	1,84	<b>Araucanía</b>	24.619	7,67
<b>Coquimbo</b>	24.574	0,57	<b>Los Ríos</b>	24.855	2,43
<b>Valparaíso</b>	24.495	0,58	<b>Los Lagos</b>	24.843	2,34
<b>Metropolitana de Santiago</b>	19.743	0,75	<b>Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo</b>	24.855	1,04
<b>Libertador Bernardo O'Higgins</b>	21.955	1,72	<b>Magallanes y Antártida chilena</b>	22.046	1,55

*Fuente: Elaboración propia, 2021; basado en Energía Abierta, 2021.*

Anexo N°4: Macrozonas de Chile



Fuente: Elaboración propia, 2020; basado en Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2018.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Anexo N°5: Población urbana por Macrozona de Chile**

Macrozonas (Clasificación (CR) <sup>2</sup> )*	Regiones	Total Población de la Macrozona	Residentes Urbanos (%)
Altiplano Chileno**	Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	186.966	88,9
Norte Grande	Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	977.194	94,5
Norte Chico	Atacama y Coquimbo	1.043.754	83,9
Chile Central	Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule	10.888.215	91,4
Zona Sur	Ñuble, Biobío, Araucanía, de los Ríos y de los Lagos	4.208.183	77,9
Patagonia Norte***	Aysén y Magallanes	103.295	79,5
Patagonia Sur	Magallanes	166.396	92,0
<b>Total</b>		<b>17.574.003</b>	<b>87,8</b>

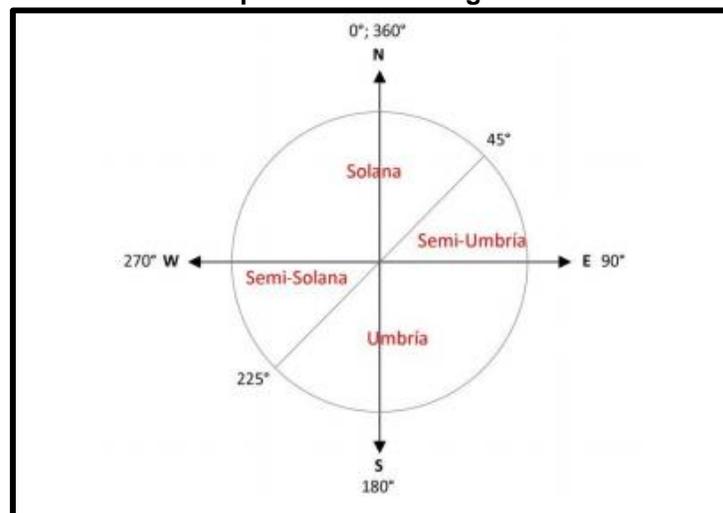
\* (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>, 2018; 8 p).

\*\* Corresponde a las comunas de Antofagasta (distrito 13 del Censo 2017), Calama, Camarones (distrito 2 del Censo 2017), Colchane, General Lagos, Ollagüe, Pica (distrito 2, 3 y 4 del Censo 2017), Putre y San Pedro de Atacama

\*\*\* Corresponde a todas las comunas de la región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo y Natales (distrito 4 del Censo 2017).

Fuente: Elaboración propia, 2020; Basado en Censo 2017 (INE, 2017).

**Anexo N°6: Exposición solar en grados decimales**



Fuente: Ubilla Bravo, 2007.

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Anexo N°7: Rangos de Pendiente según Umbrales Geomorfológico**

Pendientes		Tipo de Pendiente	Umbral Geomorfológico
Grados	% Aprox.		
0 - 2	0 – 4,5	Horizontal	Erosión nula a leve
2 - 5	4,5 – 11,0	Suave	Erosión débil, difusa. Sheet wash. Inicio de regueras. Soliflucción fría.
5 - 10	11,0 – 22,0	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio erosión lineal. Rill-wash o desarrollo de regueras.
10 - 20	22,0 – 44,5	Fuerte	Erosión intensa. Erosión lineal frecuente. Cárcavas incipientes.
20 - 30	44,5 – 67,0	Muy Fuerte a Moderadamente Escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación.
30 - 45	67,0 - 100	Escarpada	Coluvionamiento. Soliflucción intensa. Inicio de derrubación.
Mayor de 45	Más de 100	Muy Escarpada a Acantilada	Desprendimientos y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes.

*Fuente: Elaboración propia, 2021; En base a Araya – Vergara y Borgel (1972), Young (1975), Ferrando (1993) en Mesina (2003).*

**Anexo N°8: Encuesta sobre Criterios y Sub-criterios  
Encuesta de valoración de criterios y sub-criterios de la VET**

**Ítem I: Antecedentes**

Nombre					
Nacionalidad					
Grado académico	Licenciado	Magister	Doctorado	Otro	
¿Cuál es su carrera o área de desempeño?					
¿Cuánto tiempo lleva trabajando en los tema de pobreza energética, vulnerabilidad energética o vulnerabilidad energética territorial?	1 año o menos	2 - 3 años	3 – 4 años	4 – 5 años	5 años o más

**Ítem II: Clasificación de sub-criterios**

<b>Criterio Socioeconómico;</b> Sub-criterios socioeconómicos. Considerando VET y según su opinión						
1) ¿Cuál es el más representativo?						
En orden de 1 a 6, siendo 1 lo más representativo y 6 lo menos representativo.						
Sub-criterios	1	2	3	4	5	6
Hacinamiento						
Densidad Poblacional						
Años de escolaridad del jefe(a) de Hogar						
Dependencia demográfica						
Personas que no asistieron a la educación formal						
Personas con estudios superiores						

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios socioeconómicos. Basado en VET																
2) ¿Cuán importante para usted es el <b>Nivel de hacinamiento</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Densidad																
Años de escolaridad del jefe(a) de Hogar																
Dependencia demográfica																
Personas que no asistieron a la educación formal																
Personas con estudios superiores																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios socioeconómicos. Basado en VET																
3) ¿Cuán importante para usted es la <b>Densidad poblacional</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Años de escolaridad del jefe(a) de Hogar																
Dependencia demográfica																
Personas que no asistieron a la educación formal																
Personas con estudios superiores																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios socioeconómicos. Basado en VET																
4) ¿Cuán importante para usted son los <b>años de escolaridad del jefe(a) de Hogar</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dependencia demográfica																
Personas que no asistieron a la educación formal																
Personas con estudios superiores																

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios socioeconómicos. Basado en VET																
5) ¿Cuán importante para usted es la <b>Dependencia demográfica</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Personas que no asistieron a la educación formal</b>																
<b>Personas con estudios superiores</b>																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios socioeconómicos. Basado en VET																
6) ¿Cuán importante para usted son las <b>personas que no asistieron a la educación formal</b> respecto de las personas con estudios superiores?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterio	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Personas con estudios superiores</b>																

Comentario, apreciación o sub-criterio que considere más representativo que no se incluya en la lista: \_\_\_\_\_

Criterio Infraestructura; Sub-criterios de infraestructura. Considerando VET y según su opinión				
7) ¿Cuál es el más representativo?				
En orden de 1 a 4, siendo 1 lo más representativo y 4 lo menos representativo.				
Sub-criterios	1	2	3	4
<b>Viviendas Aceptables</b>				
<b>Viviendas Recuperables</b>				
<b>Viviendas Irrecuperables</b>				
<b>Valor promedio mensual por persona en electricidad</b>				

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios de infraestructura. Basado en VET																
8) ¿Cuán importante para usted son las <b>viviendas aceptables</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Viviendas Recuperables</b>																
<b>Viviendas Irrecuperables</b>																
<b>Valor promedio mensual por persona en electricidad</b>																

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios de infraestructura. Basado en VET																
9) ¿Cuán importante para usted son las <b>viviendas recuperables</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Viviendas Irrecuperables</b>																
<b>Valor promedio mensual por persona en electricidad</b>																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios de infraestructura. Basado en VET																
10) ¿Cuán importante para usted son las <b>viviendas irrecuperables</b> respecto del Valor promedio mensual por persona en electricidad?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterio	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Valor promedio mensual por persona en electricidad</b>																

Comentario, apreciación o sub-criterio que considere más representativo que no se incluya en la lista: \_\_\_\_\_

Criterio Climático; Sub-criterios climáticos. Considerando VET y según su opinión					
11) ¿Cuál es el más representativo?					
En orden de 1 a 5, siendo 1 lo más representativo y 5 lo menos representativo.					
Sub-criterios	1	2	3	4	5
<b>Amplitud térmica interestacional</b>					
<b>Distancia al Mar</b>					
<b>SAVI</b>					
<b>Área verde por habitante</b>					
<b>Porcentaje de área verde por zona censal</b>					

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios climáticos. Basado en VET																
12) ¿Cuán importante para usted es la <b>Amplitud térmica interestacional</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Distancia al Mar</b>																
<b>SAVI</b>																
<b>Área verde por habitante</b>																
<b>Porcentaje de área verde por zona censal</b>																

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios climáticos. Basado en VET																
13) ¿Cuán importante para usted es la <b>distancia del mar</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SAVI																
Área verde por habitante																
Porcentaje de área verde por zona censal																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios climáticos. Basado en VET																
14) ¿Cuán importante para usted es el <b>SAVI</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área verde por habitante																
Porcentaje de área verde por zona censal																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios climáticos. Basado en VET																
15) ¿Cuán importante para usted es el <b>área verde por habitante</b> respecto del porcentaje de área verde por zona censal?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterio	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Porcentaje de área verde por zona censal																

Comentario, apreciación o sub-criterio que considere más representativo que no se incluya en la lista: \_\_\_\_\_

Criterio Geográfico; Sub-criterios geográficos. Considerando VET y según su opinión			
16) ¿Cuál es el más representativo?			
En orden de 1 a 3, siendo 1 lo más representativo y 3 lo menos representativo.			
Sub-criterios	1	2	3
Altura de edificaciones			
Exposición al sol			
Pendientes			

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios geográficos. Basado en VET																
17) ¿Cuán importante para usted es la <b>Altura de edificaciones</b> respecto de los otros sub-criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Exposición al sol</b>																
<b>Pendientes</b>																

Tomando en cuenta los anteriores sub-criterios geográficos. Basado en VET																
18) ¿Cuán importante para usted es la <b>Exposición al sol</b> respecto de las pendientes?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Sub-criterio	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Pendientes</b>																

Comentario, apreciación o sub-criterio que considere más representativo que no se incluya en la lista: \_\_\_\_\_

### Ítem III: Evaluación General de Criterios

Tomando en cuenta el anterior ítem de sub-criterios				
19) ¿Cuál criterio es más representativo?				
En orden de 1 a 4, siendo 1 lo más representativo y 4 lo menos representativo.				
Criterios	1	2	3	4
<b>Socioeconómico</b>				
<b>Infraestructura</b>				
<b>Climático</b>				
<b>Geográfico</b>				

Basado en VET																
20) ¿Cuán importante para usted es el <b>Criterio Socioeconómico</b> respecto de los otros criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Infraestructura</b>																
<b>Climático</b>																
<b>Geográfico</b>																

Basado en VET																
21) ¿Cuán importante para usted es el <b>Criterio Infraestructura</b> respecto de los otros criterios?																
Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
Criterios	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Climático</b>																
<b>Geográfico</b>																

“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”

Basado en la VET																
22) ¿Cuán importante para usted es el <b>Criterio Climático</b> respecto del Criterio Geográfico? Utilizar escala de Saaty del 1/9 al 9.																
<b>Criterio</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Geográfico</b>																

Opiniones o sugerencias generales:

---

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

**Anexos N°9: Resultados de la encuesta**

**Anexo N°9.1: Sub-criterios del Criterio Socioeconómico**

<b>Criterio Socioeconómico</b>	<b>H</b>	<b>DP</b>	<b>AEJH</b>	<b>DD</b>	<b>PSEF</b>	<b>PES</b>
<b>H</b>	<b>1</b>	5	1/5	1/3	1/4	3
<b>DP</b>	1/5	<b>1</b>	1/9	1/5	1/6	1/3
<b>AEJH</b>	5	9	<b>1</b>	5	3	8
<b>DD</b>	3	5	1/5	<b>1</b>	1/3	4
<b>PSEF</b>	4	6	1/3	3	<b>1</b>	5
<b>PES</b>	1/3	3	1/8	1/4	1/5	<b>1</b>

**H:** Hacinamiento; **DP:** Densidad Poblacional; **AEJH:** Años de Escolaridad del Jefe(a) de Hogar; **DD:** Dependencia Demográfica; **PSEF:** Personas sin educación formal; **PES:** Personas con educación superior.

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Anexo N°9.2: Sub-criterios del Criterio de Infraestructura**

<b>Criterio Infraestructura</b>	<b>Vivienda Aceptable</b>	<b>Vivienda Recuperable</b>	<b>Vivienda Irrecuperable</b>	<b>Valor de la electricidad por persona</b>
<b>Vivienda Aceptable</b>	<b>1</b>	1/7	1/8	1/3
<b>Vivienda Recuperable</b>	7	<b>1</b>	1	6
<b>Vivienda Irrecuperable</b>	8	1	<b>1</b>	2
<b>Valor de la electricidad por persona</b>	3	1/6	1/2	<b>1</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Anexo N°9.3: Sub-criterios del Criterio Climático**

<b>Criterio Climático</b>	<b>ATI</b>	<b>DM</b>	<b>SAVI</b>	<b>AVH</b>	<b>PAVZC</b>
<b>ATI</b>	<b>1</b>	4	6	3	9
<b>DM</b>	1/4	<b>1</b>	2	1/5	5
<b>SAVI</b>	1/6	1/2	<b>1</b>	1/4	3
<b>AVH</b>	1/3	5	4	<b>1</b>	7
<b>PAVZC</b>	1/9	1/5	1/3	1/7	<b>1</b>

**ATI:** Amplitud térmica interestacional; **DM:** Distancia al Mar; **AVH:** Área verde por habitante; **PAVZC:** Porcentaje de área verde por zona censal.

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

*“Análisis de la Vulnerabilidad Energética Territorial frente a la amenaza de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Arica”*

**Anexo N°9.4: Sub-criterios del Criterio Geográfico**

<b>Criterio Geográfico</b>	<b>Altura de las edificaciones</b>	<b>Exposición al sol</b>	<b>Pendientes</b>
<b>Altura de edificaciones</b>	<b>1</b>	1/3	<b>5</b>
<b>Exposición al sol</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
<b>Pendientes</b>	1/5	1/7	<b>1</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Anexo N°9.5: Valoración de los Criterios de VET**

<b>Criterios</b>	<b>Socioeconómico</b>	<b>Infraestructura</b>	<b>Climático</b>	<b>Geográfico</b>
<b>Socioeconómico</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>Infraestructura</b>	1/3	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Climático</b>	1/5	¼	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Geográfico</b>	1/7	1/6	1/3	<b>1</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*