



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

**EVALUACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE POBREZA ENERGÉTICA EN
VIVIENDA SOCIAL EN LAS CIUDADES DE CONCEPCIÓN, SANTIAGO Y
VALPARAÍSO APLICANDO EL INDICADOR FPPRI**

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

AUTOR: RAÚL ALVARADO AMADOR

PROFESOR GUÍA: ALEXIS PÉREZ FARGALLO

CONCEPCIÓN, JUNIO DE 2019

Resumen

La pobreza energética (PE) es un fenómeno multidimensional, en el que destacan factores tales como el costo y consumo de energía, los ingresos, aspectos constructivos y desempeño energético de la edificación, que derivan en la incapacidad de mantener condiciones de confort a un costo social factible. Actualmente, la mayor parte de los indicadores propuestos para estudiar este fenómeno están basados en condiciones ya existentes, constituyéndose principalmente como herramientas diagnósticas. Indicadores que permitan evaluar el riesgo de pobreza energética desde fases tempranas de diseño, con parámetros más asociados a su prevención son escasos. En este sentido, el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible o Pobreza de Energía (FPPRI por sus siglas en inglés) representa una oportunidad para pensar este fenómeno desde sus factores de influencia y bajo un enfoque predictivo, permitiendo identificar y minimizar la PE desde antes que suceda. No obstante, este indicador todavía se encuentra en etapa de desarrollo, habiendo sido evaluado únicamente en la ciudad de Concepción y bajo ciertas hipótesis, por lo que no se conoce su comportamiento en otros contextos.

En el marco de la PE, las políticas públicas de viviendas sociales en Chile tienen un desafío para satisfacer no sólo el derecho a la vivienda, sino también su asequibilidad y confortabilidad. En efecto, por medio de estos factores, el FPPRI, podría ser considerado como un elemento decisivo en la toma de decisiones del sector público que abarcan los procesos de diseño, construcción y asignación de viviendas sociales en Chile.

En este sentido, esta investigación tiene como objetivo evaluar el riesgo de pobreza energética en diferentes combinaciones de clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda (estudiado a través los parámetros arquitectónicos: superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) considerando la adaptación térmica de los ocupantes y por ende, la reducción del uso de sistemas HVAC, aplicando el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) en las tres ciudades más densamente pobladas (Concepción-Santiago-Valparaíso) del parque de viviendas sociales de Chile. La evaluación está focalizada en un contexto social que abarca los cuatro deciles de ingresos más vulnerables de la población chilena y los análisis están basados en la aplicabilidad del confort adaptativo en el contexto urbano y en las

características de construcción de las viviendas, considerando el uso y la capacidad para pagar las cuentas de energía.

La metodología se basa en simulaciones energéticas dinámicas con software Design Builder V5.4, usando en general en cada uno de los modelos estudiados, la reglamentación térmica establecida por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC); los estándares de construcción sustentables desarrollados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y el modelo de confort térmico adaptativo de la norma europea EN 15251:2008 (Categoría-III), entre otros. Lo anterior es aplicado a viviendas sociales tipo departamentos en altura que corresponden a las zonas climáticas fronterizas Sur litoral (SL), Central Interior (CI) y Central Litoral (CL) de la norma chilena NCh1079 Of.77 y que son caracterizadas por las ciudades metropolitanas representativas del Gran Concepción, Santiago y Valparaíso respectivamente.

Los resultados en general revelan que, el riesgo de pobreza energética difiere significativamente debido a las condiciones de contorno. En particular la adaptación del usuario, la posición dentro del bloque de viviendas y el costo de la energía son factores altamente influyentes que generan brechas significativas entre las tres ciudades, pudiendo alcanzar reducciones del riesgo de hasta un 100% en algunos casos.

Por lo tanto, se pudo comprobar la efectividad del indicador FPPRI para evaluar el riesgo potencial de una forma predictiva cuando se analizan combinaciones de factores climáticos, urbanos, arquitectónicos, condicionamiento social y precio de la energía. Así mismo, podría ser usado para seleccionar en etapas tempranas de diseño la asignación de viviendas con mínimos niveles de riesgo en hogares con ingresos más vulnerables.

Palabras claves: *Pobreza Energética, Confort Adaptativo, Vivienda Social, Índice de Riesgo Potencial de Pobreza Energética, FPPRI.*

Abstract

Energy poverty (PE) is a multidimensional phenomenon, in which factors such as the cost and consumption of energy, income, construction aspects and energy performance of the building, which result in the inability to maintain comfort conditions at a cost, stand out. socially feasible Currently, most of the indicators proposed to study this phenomenon are based on existing conditions, mainly as diagnostic tools. Indicators that allow evaluating the risk of energy poverty from early design phases, with parameters more associated with their prevention are scarce. In this sense, the Potential Poverty Risk Indicator for Fuel or Energy Poverty (FPPRI) represents an opportunity to think this phenomenon from its influence factors and under a predictive approach, allowing to identify and minimize PE from before it happens. However, this indicator is still in the development stage, having been evaluated only in the city of Concepción and under certain hypotheses, so its behavior is not known in other contexts.

In the framework of the EP, the public policies of social housing in Chile have a challenge to satisfy not only the right to housing, but also its affordability and comfort. Indeed, through these factors, FPPRI could be considered as a decisive element in the decision-making of the public sector that encompasses the design, construction and allocation of social housing in Chile.

In this sense, this research aims to assess the risk of energy poverty in different combinations of climate, energy cost, income deciles and energy performance of the home (studied through the architectural parameters: surface, shape ratio, position, orientation and urban environment) considering the thermal adaptation of the occupants and therefore, the reduction of the use of HVAC systems, applying the Potential Poverty Fuel Risk Indicator (FPPRI) in the three most densely populated cities (Concepción-Santiago-Valparaíso) of the social housing park of Chile. The evaluation is focused on a social context that covers the four deciles of the most vulnerable income of the Chilean population and the analyzes are based on the applicability of adaptive comfort in the urban context and on the construction characteristics of the dwellings, considering the use and the ability to pay the energy bills.

The methodology is based on dynamic energy simulations with Design Builder software V5.4, using in general in each of the models studied, the thermal regulation established by the General Urban Planning and Construction Ordinance (OGUC); the sustainable construction standards developed

by the Ministry of Housing and Urban Development (MINVU) and the adaptive thermal comfort model of the European standard EN 15251: 2008 (Category-III), among others. The above is applied to social housing type apartments in height that correspond to the borderline climatic zones Sur Litoral (SL), Central Interior (CI) and Central Litoral (CL) of the Chilean standard NCh1079 Of.77 and which are characterized by cities representative metropolitan areas of Gran Concepción, Santiago and Valparaíso respectively.

The results in general reveal that, the risk of energy poverty differs significantly due to the boundary conditions. In particular, user adaptation, position within the housing block and the cost of energy are highly influential factors that generate significant gaps between the three cities, and can reach risk reductions of up to 100% in some cases.

Therefore, it was possible to verify the effectiveness of the FPPRI indicator to evaluate the potential risk of a predictive form when analyzing combinations of climatic, urban, architectural, social conditioning and energy price factors. Likewise, it could be used to select in the early stages of design the allocation of houses with minimum levels of risk in households with more vulnerable incomes.

Keywords: *Energy Poverty, Adaptive Comfort, Social Housing, Potential Poverty Risk Index Energy, FPPRI.*

Agradecimientos

En primer lugar, gracias a ti Señor mi Dios, por todos estos años de compañía y guía, y por saber que a pesar de todas las dificultades, nunca me has abandonado. Por saber además, que después de tanto esfuerzo, de días interminables de trabajo y agobiante estudio, donde en ocasiones parecía que todo estaba perdido, solo tú me has devuelto la fe y la esperanza, manteniéndome en pie a pesar de todas mis debilidades.

En segundo lugar, a mi familia, en especial a mi madre y a mi esposa, por su apoyo incondicional y por esas largas jornadas de espera y ausencia que tuvieron que aceptar y enfrentar en soledad, durante este largo camino de trabajo y estudio.

Y finalmente, a mi profesor guía don Alexis Pérez Fargallo, por la oportunidad y la confianza que deposito en mí, para desarrollar esta desafiante e interesante tarea de estudiar la pobreza energética en nuestro país.

El presente trabajo de investigación complementa una de las líneas de investigación del proyecto Fondecyt Postdoctoral 3160806 año 2016; *“Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva”*, llevado a cabo por el Dr. Alexis Pérez-Fargallo.

Parte de los resultados de la presente investigación han sido desarrollados y publicados en el artículo *“Influence of climate on the creation of multilayer perceptrons to analyse the risk of fuel poverty”* que puede consultarse en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.063>

BIENVENIDO-HUERTAS, D., PÉREZ-FARGALLO, A., ALVARADO-AMADOR, R. y RUBIO-BELLIDO, C., 2019. Influence of climate on the creation of multilayer perceptrons to analyse the risk of fuel poverty. *Energy and Buildings*, vol. 198, pp. 38-60. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2019.05.063.

Índice de Contenidos

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| AGRADECIMIENTOS | 5 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 10 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 13 |
| NOMENCLATURA | 14 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 18 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 18 |
| 1.2. RELEVANCIA DEL PROBLEMA..... | 21 |
| 1.3. HIPÓTESIS | 22 |
| 1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 22 |
| 1.5. OBJETIVOS | 23 |
| 1.5.1. OBJETIVO GENERAL..... | 23 |
| 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 23 |
| 1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES | 24 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO | 26 |
| 2.1. POBREZA ENERGÉTICA: DEFINICIONES E INDICADORES..... | 26 |
| 2.2. INDICE DE RIESGO POTENCIAL DE POBREZA DE COMBUSTIBLE (FPPRI) | 34 |
| 2.3. POBREZA ENERGÉTICA Y VIVIENDAS SOCIALES EN CHILE | 45 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA | 53 |
| 3.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS DE PRUEBA | 56 |
| 3.1.1. SUPERFICIE..... | 56 |
| 3.1.2. POSICIÓN DE LA VIVIENDA DENTRO DEL EDIFICIO..... | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.3. RATIO DE FORMA..... | 57 |
| 3.1.4. ORIENTACIÓN..... | 58 |
| 3.1.5. ENTORNO URBANO (SOMBRA POR OBSTÁCULOS REMOTOS)..... | 58 |
| 3.2. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN Y CONSIGNA EN SIMULACIÓN ENERGÉTICA..... | 59 |
| 3.3. COMBINACIÓN DE VARIABLES Y SIMULACIONES DE RENDIMIENTO NUMÉRICO..... | 61 |
| 3.4. BASE DE DATOS PARA NIVELES DE INGRESOS..... | 62 |
| 3.5. PRECIOS DE ENERGÍA..... | 63 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS | 64 |
| 4.1. MÉTRICAS GENERALES DESEMPEÑO ENERGÉTICO | 64 |
| 4.1.1. HORAS OCUPADAS EN DISCONFORT (<i>Hod</i>)..... | 67 |
| 4.1.2. CONSUMO DE ENERGÍA COOLING (<i>ECC</i>) | 69 |
| 4.1.3. CONSUMO DE ENERGÍA HEATING (<i>ECH</i>)..... | 70 |
| 4.1.4. CONSUMO DE ENERGÍA ILUMINACIÓN Y EQUIPOS (<i>ECI + E</i>) | 71 |
| 4.1.5. DEMANDA DE ENERGÍA ANUAL (<i>EDA</i>)..... | 72 |
| 4.1.6. CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL HVAC (<i>ECHVAC</i>)..... | 73 |
| 4.1.7. CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL EN CONFORT ADAPTATIVO (<i>ECAC</i>)..... | 74 |
| 4.1.8. GASTO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL HVAC <i>EEHVAC</i> | 75 |
| 4.1.9. GASTO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL EN CONFORT ADAPTATIVO (<i>EEAC</i>)..... | 77 |
| 4.1.10. INFLUENCIA DEL CONFORT ADAPTATIVO SOBRE EL <i>ECHVAC</i> Y SU PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (<i>PREC</i>)..... | 78 |
| 4.2. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 80 |
| 4.2.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 40M2 | 80 |
| 4.2.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 55M2 | 84 |
| 4.2.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 70M2 | 87 |
| 4.2.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA... | 91 |
| 4.3. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 99 |
| 4.3.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 40M2..... | 100 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 55M2..... | 105 |
| 4.3.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 70M2..... | 111 |
| 4.3.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 117 |
| 4.4. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 125 |
| 4.4.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 40M2..... | 126 |
| 4.4.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 55M2..... | 131 |
| 4.4.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 70M2..... | 138 |
| 4.4.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 143 |
| 4.5. INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 151 |
| 4.5.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 40M2 | 151 |
| 4.5.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 55M2 | 158 |
| 4.5.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 70M2 | 164 |
| 4.5.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA | 171 |
| CAPÍTULO 5. PRINCIPALES HALLAZGOS, CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 176 |
| 5.1. SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS | 176 |
| 5.1.1. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA | 176 |
| 5.1.2. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 178 |
| 5.1.3. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 181 |
| 5.1.4. INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA..... | 183 |
| 5.2. CONCLUSIONES GENERALES..... | 184 |
| 5.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 188 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Variables de interés integradas en el FPPRI. | 44 |
| Figura 2.2. Infografía pobreza energética. | 46 |
| Figura 2.3. Pobreza energética en Chile, diferentes indicadores según la Red de Pobreza Energética | 47 |
| Figura 2.4. Departamentos en condominios sociales por región. | 50 |
| Figura 2.5. Distribución de condominios sociales por superficie. Fte.: Elaboración propia | 50 |
| Figura 2.6. Tipología representativa para sistemas de agrupamiento simple (A1) | 51 |
| Figura 2.7. Tipología representativa para sistemas de agrupamiento compuesto (B1). | 51 |
| Figura 2.8. Tipología representativa para sistemas de agregación sin fusión estructural | 51 |
| Figura 2.9. Tipología representativa para disposición de ventanas (B) | 52 |
| Figura 3.1. Esquema metodología cálculo FPPRI-FPI..... | 55 |
| Figura 3.2. Prototipo de simulación empleado. Fte.: Elaboración propia en Design Builder V5.4 | 56 |
| Figura 3.3. Superficies de departamentos estudiadas | 57 |
| Figura 3.4. Posiciones de las viviendas estudiadas..... | 57 |
| Figura 3.5. Ratios de forma de planta estudiados..... | 57 |
| Figura 3.6. Orientaciones de la edificación estudiadas | 58 |
| Figura 3.7. Combinaciones de entorno urbano estudiadas, en función de sombras generadas por obstáculos remotos. | 59 |
| Figura 3.8. Horario de usos de los hogares y porcentaje de carga por tipo de días de la semana. Fuente: Elaboración propia | 61 |
| Figura 4.1. Comparación de métricas de desempeño energético en 40 m2 por Ciudad. | 65 |
| Figura 4.2. Comparación de métricas de desempeño energético en 55 m2 por Ciudad. | 66 |
| Figura 4.3. Comparación de métricas de desempeño energético en 70 m2 por Ciudad. | 66 |
| Figura 4.4. Porcentaje de reducción (PREC) entre el consumo de energía promedio mensual HVAC <i>ECHVAC</i> y el consumo de energía promedio mensual considerando confort adaptativo (<i>ECAC</i>) | 78 |
| Figura 4.5. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-40m ² | 81 |
| Figura 4.6. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-55m2 | 84 |
| Figura 4.7. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-70m2 | 88 |

Figura 4.8. Porcentaje de reducción Riesgo promedio (PRFPI) vs ciudad-tamaño-FR \bar{X} -decil..... 93

Figura 4.9.PRFPI vs ciudades y deciles de ingreso 95

Figura 4.10. Porcentaje de aumento del riesgo FPPRI al cambiar de vivienda..... 99

Figura 4.11. Riesgo FPI por Ciudades en 40m² vs Posición y Ratio de Forma 101

Figura 4.12. Riesgo FPPRI por Ciudades en 40m² vs Posición y Ratio de Forma..... 102

Figura 4.13. Riesgo FPI por Ciudades en 55m² vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia. . 106

Figura 4.14. Riesgo FPPRI por Ciudades en 55m² vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia 107

Figura 4.15. Riesgo FPI por Ciudades en 70m² vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia. . 112

Figura 4.16. Riesgo FPPRI por Ciudades en 70m² vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia. 113

Figura 4.17. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por posición vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 124

Figura 4.18. Riesgo FPI por Orientación en 40m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 127

Figura 4.19. Riesgo FPPRI por Orientación en 40m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 128

Figura 4.20. Riesgo FPI por Orientación en 55m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 133

Figura 4.21. Riesgo FPPRI por Orientación en 55m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 134

Figura 4.22. Riesgo FPI por Orientación en 70m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 139

Figura 4.23. Riesgo FPPRI por Orientación en 70m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 140

Figura 4.24. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por Orientación vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos. 148

Figura 4.25. BRP vs FPI-FPPRI, tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia 150

Figura 4.26. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 40m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 152

Figura 4.27. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 40m² vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 153

Figura 4.28. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 159

Figura 4.29. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 160

Figura 4.30. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 166

Figura 4.31. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 167

Figura 4.32. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por combinaciones de sombras vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia. 174

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.1. Principales indicadores de Pobreza Energética | 33 |
| Tabla 2.2. Resumen de las características generales más frecuentes de las viviendas sociales en Chile. Fuente: Elaboración propia | 49 |
| Tabla 3.1. Combinaciones de Objetos Remotos “COR” y abreviaturas utilizadas para los análisis..... | 59 |
| Tabla 3.2. Parámetros de configuración y consigna proceso de simulación: Fte. Elaboración Propia..... | 60 |
| Tabla 3.3. Valores representativos de deciles por hogares de 3,6 habitantes según encuesta CASEN. Fuente: Elaboración Propia | 62 |
| Tabla 3.4. Valores de tarificación eléctrica BT1 por ciudades, para mayo de 2017. Fuente: Elaboración Propia basado en tarifas de empresas distribuidoras ENEL-CGED-CHILQUINTA..... | 63 |
| Tabla 4.1. Relación Riesgo FPI-FPPRI vs Ratio de Forma por deciles-Ciudades-Superficies | 91 |
| Tabla 4.2. Posiciones de Mayor y Menor Riesgo Promedio FPI-FPPRI, en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades: Fte: Elaboración Propia..... | 118 |
| Tabla 4.3. Relación del Riesgo Promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades y Posiciones..... | 120 |
| Tabla 4.4. Relación del Aumento del Nivel de Piso V/s el Riesgo FPI-FPPRI en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades y Posiciones..... | 121 |
| Tabla 4.5. Orientaciones de mayor y menor riesgo promedio FPI-FPPRI, en función del ingreso, tamaño de superficie y ciudades: Fuente: Elaboración propia..... | 144 |
| Tabla 4.6. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y Orientaciones: Fuente: Elaboración propia. | 146 |
| Tabla 4.7. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI máximo-mínimo en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y combinaciones de sombras. Fte: Elaboración propia. | 171 |
| Tabla 4.8. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y combinaciones de sombras. Fuente: Elaboración propia. | 173 |

Nomenclatura

| | |
|------------------|--|
| AA | <i>Superficie bruta del departamento o vivienda; (m²).</i> |
| AC | <i>Confort adaptativo.</i> |
| ASHRAE | <i>Sdad. Amer. de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.</i> |
| BRP | <i>Brecha de reducción promedio de pobreza de energía.</i> |
| BT1 | <i>Tarifa 1 para electricidad en baja tensión residencial chilena.</i> |
| CASEN | <i>Encuesta de caracterización socioeconómica nacional chilena.</i> |
| CCS | <i>Código de construcción sustentable.</i> |
| CF | <i>Cargo fijo mensual; (\$/Mes).</i> |
| CDT | <i>Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.</i> |
| CI | <i>Clima Central Interior.</i> |
| CL | <i>Clima Central Litoral.</i> |
| CLP | <i>Peso chileno; (\$).</i> |
| C _{ST} | <i>Cargo Único Sistema Troncal; (\$/kWh).</i> |
| CO2 | <i>Dióxido de carbono.</i> |
| COP | <i>Coefficiente de eficiencia energética en calefacción; (adimensional).</i> |
| D | <i>Distancia horizontal desde el elemento de sombra al bloque de edificios; (m).</i> |
| DECC | <i>Departamento de Energía y Cambio Climático (UK).</i> |
| D _n | <i>Decil número "n".</i> |
| D ₁ | <i>Primer decil; (\$/mes).</i> |
| D ₂ | <i>Segundo decil; (\$/mes).</i> |
| D ₃ | <i>Tercer decil; (\$/mes).</i> |
| D ₄ | <i>Cuarto decil; (\$/mes).</i> |
| E | <i>Orientación Este.</i> |
| E _c | <i>Consumo de energía; (kWh/mes).</i> |
| E _{CAC} | <i>Consumo de energía promedio mensual considerando confort adaptativo; (kWh/mes).</i> |

| | |
|--------------|--|
| EC_C | Consumo de energía media Cooling de simulación; (kWh/mes). |
| EC_E | Consumo de energía media de equipos por simulación; (kWh/mes). |
| EC_H | Consumo de energía media Heating de simulación; (kWh/mes). |
| EC_{HVAC} | Consumo de energía promedio mensual HVAC; (kWh/mes). |
| EC_I | Consumo de energía media de Iluminación por simulación; (kWh/mes). |
| EC_R | Consumo de energía real; (kWh/mes). |
| EC_S | Consumo de energía de total de simulación; (kWh/mes). |
| E_{DA} | Demanda de energía anual; (kWh/m ² -año). |
| EE_{AC} | Gasto de energía promedio mensual considerando confort adaptativo; (\$/mes). |
| EE_{HVAC} | Gasto de energía promedio mensual HVAC; (\$/mes). |
| EER | Coefficiente de eficiencia energética de refrigeración; (adimensional). |
| EES_{AC} | Gasto de energía meses de verano considerando confort adaptativo; (\$/mes). |
| EES_{HVAC} | Gasto de energía meses de verano HVAC; (\$/mes). |
| EEW_{AC} | Gasto de energía meses de invierno considerando confort adaptativo; (\$/mes). |
| $EE.UU.$ | Estados Unidos de Norte América. |
| EEW_{HVAC} | Gasto de energía meses de invierno HVAC; (\$/mes). |
| EN | Norma Europea. |
| f_a | Factor de ajuste por área de superficie real acondicionada; (adimensional). |
| f_c | Factor de ajuste por clima; (adimensional). |
| f_{cu} | Factor de ajuste por confort adaptativo propio del usuario; (adimensional). |
| f_f | Factor de ajuste por tipo de energía o combustible utilizado; (adimensional). |
| f_η | Factor de ajuste por rendimiento del sistema HVAC; (adimensional). |
| FPP | Índice de Riesgo de Pobreza de Combustible medio con sistemas HVAC; (%). |
| $FPAC$ | Índice de Riesgo de Pobreza de Combustible medio considerando confort adaptativo; (%). |
| FPc | Índice de Pobreza de Combustible o Pobreza Energética convencional; (%). |
| FPI | Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible con sistemas HVAC; (%). |
| $FPPRI$ | Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible considerando confort adaptativo; (%). |

| | |
|----------|--|
| f_t | Factor de ajuste por tiempo real del sistema HVAC empleado; (adimensional). |
| FR | Ratio de Forma; (adimensional). |
| H | Altura del elemento de sombra; (m). |
| H_d | Horas desocupadas del período de estudio; (h). |
| H_{oc} | Horas ocupadas en confort adaptativo aplicando la categoría III de la norma; (h). EN 15251: 2007, según los límites de las ecuaciones 4 y 5; (h). |
| H_{od} | Horas ocupadas en discomfort; (h x10). |
| H_t | Horas totales del período de estudio; (h). |
| HVAC | Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. |
| I | Ingreso familiar; (\$/mes). |
| LI | Límite de invierno; (kWh/mes). |
| LIHEAP | Programa de Asistencia Energética para Hogares de Bajos Ingresos, EE.UU. |
| MDS | Ministerio de Desarrollo Social de Chile. |
| MINVU | Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. |
| N | Orientación Norte. |
| NE | Orientación Noreste. |
| NEA: | Acción Energética Nacional Reino Unido (UK). |
| NO | Orientación Noroeste. |
| NW | Orientación Noroeste. |
| OECD | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. |
| OGUC | Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. |
| P_E | Precio de la energía; (\$/kWh). |
| P_{EB} | Precio energía base; (\$/kWh). |
| P_{EI} | Precio energía adicional de invierno; (\$/kWh). |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. |
| PREC | Porcentaje de reducción del consumo de energía al considerar confort adaptativo; (%). |
| PRFPI | Porcentaje reducción del riesgo FPI al considerar confort adaptativo; (%). |

| | |
|-----------------|---|
| <i>S</i> | <i>Orientación Sur.</i> |
| <i>SCATs</i> | <i>Controles Inteligentes y Confort Térmico.</i> |
| <i>SE</i> | <i>Orientación Sureste.</i> |
| <i>SL</i> | <i>Clima Sur Litoral.</i> |
| <i>SW</i> | <i>Orientación Suroeste.</i> |
| <i>U</i> | <i>Trasmitancia térmica; (W/m² K).</i> |
| <i>UE</i> | <i>Unión Europea.</i> |
| <i>UK</i> | <i>Reino Unido.</i> |
| <i>W</i> | <i>Orientación West (Oeste).</i> |
| θ_{imax} | <i>Límite superior de la temperatura operativa interior en categoría III; (°C).</i> |
| θ_{imin} | <i>Límite inferior de la temperatura operativa interior en categoría III; (°C).</i> |
| θ_{rm} | <i>Ejecución de la temperatura exterior media para un día específico teniendo en cuenta la temperatura externa media diaria de los 7 días anteriores; (°C).</i> |
| <i>1-C</i> | <i>Vivienda ubicada en el primer nivel y posición de centro.</i> |
| <i>1-E</i> | <i>Vivienda ubicada en el primer nivel y posición de esquina.</i> |
| <i>2-C</i> | <i>Vivienda ubicada en el segundo nivel y posición de centro.</i> |
| <i>2-E</i> | <i>Vivienda ubicada en el segundo nivel y posición de esquina.</i> |
| <i>3-C</i> | <i>Vivienda ubicada en el tercer nivel y posición de centro.</i> |
| <i>3-E</i> | <i>Vivienda ubicada en el tercer nivel y posición de esquina.</i> |
| <i>1-EC</i> | <i>Vivienda ubicada en el primer nivel y posiciones de esquina y centro.</i> |
| <i>2-EC</i> | <i>Vivienda ubicada en el segundo nivel y en posiciones de esquina y centro.</i> |
| <i>3-EC</i> | <i>Vivienda ubicada en el tercer nivel y en posiciones de esquina y centro.</i> |

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La pobreza energética (PE) se ha convertido en un tema de creciente interés a nivel mundial en las últimas décadas. Este fenómeno está comúnmente relacionado con la falta de acceso a fuentes de energía y/o con la incapacidad de satisfacer necesidades energéticas básicas, por lo que se asocia comúnmente con el costo de la energía, la calidad de los edificios, el requerimiento energético y los ingresos de sus habitantes (Dubois 2012; Thomson y Snell 2013; Pérez-Fargallo et al. 2017).

En los países en vías de desarrollo, este término está asociado al porcentaje de hogares sin acceso a electricidad u otras fuentes de energía, y está cuantificado en un 72%, lo que equivale a 1.456 millones de hogares sin energía. En países del África Subsahariana este porcentaje supera el 97%, convirtiéndose en los países más vulnerables del mundo (Legros et al. 2009).

Por otro lado, en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y aquellos designados como "Economías en Transición", la accesibilidad ha sido resuelta y la tasa de electrificación de hogares asciende a 99,8% (Legros et al. 2009). Chile tanto a nivel urbano como rural, también alcanza cifras superiores al 99%, equiparándose a niveles OCDE y contrastando con la realidad del resto de América Latina y el Caribe (Del Valle y Ansoleaga 2018). Sin embargo, a pesar de que estos países tienen en general cubierto el acceso a la energía, otros factores se asocian con la pobreza energética, como las dificultades de las familias para pagar sus cuentas de energía.

Si bien los indicadores para medir la PE pueden variar de un país a otro, de acuerdo con Rademaekers, Yearwood, Ferreira, Pye, et al. (2014) el porcentaje de hogares de la Unión Europea que no pueden pagar para mantener su hogar lo suficientemente calefaccionado, van desde 0% a 10%, a más del 30% en países como Bulgaria y Lituania. Según la Acción Energética Nacional del Reino Unido (NEA) en la actualidad aproximadamente el 15% de los hogares en su territorio se encuentran en una situación de pobreza energética (National Energy Action 2016). Recientemente en Chile, la Red de Pobreza Energética estimó que este fenómeno está presente en cerca del 35% de los hogares de centros urbanos chilenos (Calvo et al. 2019).

En este sentido, la pobreza energética se torna relevante considerando que diversos estudios han demostrado que este fenómeno está asociado a consecuencias nocivas, no solo económicas, sino también físicas y psicológicas. No mantener los hogares adecuadamente temperados puede tener efectos perjudiciales para la salud, como una mayor incidencia de resfríos (Heyman et al. 2005), episodios más largos de escalofríos inducidos por el frío y un exceso anormal de mortalidad durante el invierno, tal es el caso de Reino Unido, Irlanda o Nueva Zelanda (J. D. Healy, 2004). Se ha estimado que en Grecia, entre 1,0 a 2,7% de todas las muertes registradas están relacionadas con la PE (Atsalis et al. 2016). En algunos casos, los efectos de la PE pueden ser tan serios, que las personas deben elegir entre “calefaccionar su hogar o comer” (Lambie-Mumford, Snell y Hunt 2016).

Considerando lo anterior, es que la pobreza energética se presenta como un desafío actual y relevante, tanto a nivel internacional como nacional, contemplándose dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ONU 2015) y de políticas chilenas como Energía 2050 (Ministerio de Energía 2017).

En efecto, estos estudios proporcionan una base científica sólida que demuestra que la PE está presente en la actualidad en muchos países y que tiene efectos perjudiciales en las personas y en la economía de los hogares de menores ingresos. No obstante, tanto la definición como los indicadores para cuantificar la pobreza energética han sido objeto de debate desde sus inicios, en especial por las variadas realidades y situaciones económico-sociales de cada país en que se enmarca. Una revisión del origen, evolución y discusión sobre la definición de PE, se puede encontrar en algunas publicaciones claves en este campo (Koh et al. 2012).

Sin embargo, se podría afirmar que actualmente existe cierto consenso en la comunidad científica al establecer que la PE es un problema que tiene su origen en la combinación de múltiples factores, entre los que destacan los altos precios de la energía o del combustible, bajos ingresos familiares, viviendas con baja eficiencia energética y electrodomésticos ineficientes (Boardman 2010; Ambrose 2015). Así mismo, las necesidades, características y hábitos energéticos de los ocupantes de las viviendas, son factores que influyen en este fenómeno (Love y Cooper 2015; Snell, Bevan y Thomson 2015).

Según lo anterior, este fenómeno es consecuencia de la interacción de 3 variables principales: ingresos del hogar, precios de la energía y rendimiento energético del edificio, que está directamente relacionado con el consumo de energía de las viviendas (Fabbri 2015). Por lo tanto, la multiplicidad de factores del cual depende la PE requiere estudios detallados basados en análisis multivariable.

En climas templados, como los que se encuentran algunas zonas de Chile (Rubio-Bellido, Pulido-Arcas y Ureta-Gragera 2015) y Europa (Rubio, Pulido y Cabeza 2015), la posibilidad de hacer uso del diseño pasivo y confort térmico adaptativo surgen como estrategias para minimizar o despreciar el uso de sistemas HVAC (Pérez-Fargallo et al. 2017), constituyéndose como estrategias con potencial de reducción del riesgo de pobreza energética.

Diversos indicadores se han planteado para cuantificar la PE, pero dada su multidimensionalidad, es una tarea ardua y altamente dependiente del contexto en que se enmarque. Diferentes enfoques han sido abordados, desde lo más básicos, cruzando ingresos con consumos de energía, como el umbral del 10% de Boardman (1991), o los basados en un Estándar de Ingreso Mínimo (MIS por sus siglas en inglés) planteado por Moore (2012), que apuntan a que la pobreza energética está asociada a la proporción de los ingresos destinada a cubrir el gasto energético; hasta enfoques multidimensionales que resultan en indicadores más complejos que pretenden integrar más variables, como el MEPI (Nussbaumer, Bazilian y Modi 2012) y el Multi-Tier Framework (Bhatia y Angelou 2014).

No obstante, la mayoría de los indicadores están enfocados en evaluar el estado actual de las viviendas. Es decir, realizan un diagnóstico de la situación existente, que resulta ser tan solo una fotografía de la PE en un momento dado (Pérez-Fargallo et al. 2017). En consecuencia, existe una carencia de estudios centrados en la predicción del riesgo, lo que permitiría prevenir la pobreza energética desde etapas tempranas del diseño o la disminución de esta, al identificar los factores de influencia. En este sentido, el Fuel Poverty Potential Risk Index (FPPRI) desarrollado por Pérez-Fargallo et al. (2017) da un paso adelante al plantearse como un indicador predictivo, que permite identificar el riesgo de pobreza energética en función de factores como el contexto urbano y las características del edificio, confort térmico adaptativo e ingresos económicos.

Pese a lo anterior, el FPPRI es todavía una herramienta en desarrollo que ha sido evaluada con el objetivo de dar respuesta a ciertas hipótesis relacionadas con la influencia del confort adaptativo en viviendas sociales, y ha sido aplicada únicamente en la ciudad de Concepción. Por lo anterior, no se conoce su desempeño en otros lugares ni la influencia de las variables que integra, resultando interesante evaluar el riesgo de pobreza energética utilizando esta herramienta en otros contextos climáticos, arquitectónicos, económico-sociales y de precios de energía. Esto es de particular interés en Chile, dado que evaluar el riesgo de PE podría derivar en políticas o estrategias para disminuirlo desde fases tempranas de diseño y asignación, en particular en viviendas sociales donde hay mayor vulnerabilidad asociada.

1.2. RELEVANCIA DEL PROBLEMA

La pobreza energética es una problemática que tiene arraigada fuertemente una dimensión social con consecuencias importantes, tales como el deterioro de la salud de las personas que habitan en viviendas que no alcanzan la temperatura mínima de confort y que podrían incluso causar la muerte de enfermos, ancianos y niños, como en el caso de países como Reino Unido, Irlanda o Nueva Zelanda (Friel 2007) originando además, exclusión social e impacto económico por reducción en la productividad, debido a bajas laborales por enfermedades asociadas a este hecho. Lo anterior, no se presenta como una excepción a la regla frente a la realidad social chilena.

En un contexto como el chileno, el riesgo de pobreza energética se encuentra oculto en la vulnerabilidad de los hogares más desprotegidos de la sociedad, que son incapaces de mantener su vivienda a una temperatura adecuada por falta de ingresos, precios elevados de combustibles, o imposibilidad para mejorar la envolvente térmica de su hogar por su alto costo. Por lo tanto, este hecho debe ser considerado como un derecho inalienable de todo ser humano y que afecta la igualdad, el trato y la dignidad de muchos hogares frente a sus semejantes más favorecidos.

El proceso de asignación de viviendas sociales en Chile, no considera la utilización de indicadores de riesgo de pobreza, imperando los mecanismos de asignación tradicionales por mérito, sorteo, afinidad, por mediación o una combinación de las prácticas anteriores (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2008). Por tanto, se limita la capacidad para anticipar condiciones futuras de pobreza que pudieran reducirse mediante la formulación e implementación de políticas públicas en el país.

En este sentido, resulta trascendente, estudiar, desarrollar y validar indicadores que puedan cuantificar, científica y multivariadamente la pobreza energética. El indicador FPPRI se ha planteado como una posible herramienta para dar respuesta a esta problemática. Sin embargo, solo ha sido estudiado en la ciudad de Concepción y bajo ciertas hipótesis, por lo que no se conoce su comportamiento en otros contextos. Esto es de vital importancia considerando que la herramienta integra diferentes dimensiones de la PE, representadas en cuatro grandes factores asociados a su definición: clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda. Este último está asociado a las características físicas de las viviendas, que en el caso de las viviendas sociales es un aspecto clave. El FPPRI estudia esta dimensión a través de los parámetros arquitectónicos: superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano o sombras. Los análisis están basados en la aplicabilidad del confort adaptativo en el contexto urbano y en las características de construcción de las viviendas, considerando el uso y la capacidad para pagar las cuentas de energía.

1.3. HIPÓTESIS

El riesgo de pobreza energética varía significativamente al evaluar el indicador FPPRI en función del clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda (estudiado a través los parámetros arquitectónicos: superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano); y se reduce en distinto grado al considerar la adaptación térmica de los ocupantes disminuyendo el uso de sistemas HVAC.

1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El riesgo de pobreza energética varía significativamente al evaluar el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) en función del clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda (estudiado a través los parámetros arquitectónicos: superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano); y se reduce en distinto grado al considerar la adaptación térmica de los ocupantes disminuyendo el uso de sistemas HVAC?

Como preguntas adicionales derivadas de la anterior, se plantean:

¿Qué combinaciones de clima, costo de energía, deciles de ingreso y características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) potencian el riesgo de Pobreza Energética?

Considerando que la herramienta original demostró que existe un potencial para reducir la pobreza energética al integrar el confort adaptativo como variable en el indicador de riesgo en la ciudad de Concepción, ¿existe este potencial en otras ciudades?

¿En cuál de las tres principales ciudades (Concepción-Valparaíso-Santiago) en Chile, los diferentes contextos de clima, costo de energía, deciles de ingreso y características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) afectan en mayor grado el riesgo de que una vivienda social caiga dentro de un determinado nivel de pobreza energética?

¿Existen patrones de comportamiento identificables en el riesgo de pobreza energética en función del clima, costo de energía, deciles de ingreso, las características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) y el confort adaptativo?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo de pobreza energética en diferentes combinaciones de clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda (estudiado a través los parámetros arquitectónicos: superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) considerando la adaptación térmica de los ocupantes y por ende la reducción del uso de sistemas HVAC, aplicando el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) en las tres ciudades más densamente pobladas (Concepción-Santiago-Valparaíso) del parque de viviendas sociales representativas de Chile.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Analizar los efectos que tienen las variables relacionadas con el clima, costo de energía, deciles de ingreso y características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano) sobre el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza

de Combustible (FPPRI), estudiando viviendas sociales en las ciudades de Concepción, Santiago y Valparaíso.

2. Evaluar la conveniencia de considerar el confort adaptativo como método para reducir el consumo, las cuentas de energía y el riesgo de PE, en las tres ciudades más densamente pobladas (Concepción-Santiago-Valparaíso) del parque de viviendas sociales de Chile.
3. Determinar las brechas existentes del riesgo de PE y de la reducción del consumo de energía al aplicar el confort adaptativo, en tres zonas climáticas correspondientes a las ciudades más densamente pobladas (Concepción-Santiago-Valparaíso) del parque de viviendas sociales representativas de Chile, en relación al clima, costo de energía, deciles de ingreso y características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano).
4. Identificar patrones de comportamiento en el riesgo de pobreza energética en función del clima, costo de energía, deciles de ingreso y características construidas de la vivienda (superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano al aplicar el Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) en las tres ciudades más densamente pobladas (Concepción-Santiago-Valparaíso) del parque de viviendas sociales representativas de Chile.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Como fue mencionado en puntos anteriores, el objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo de pobreza energética con diferentes niveles y combinaciones de variables y además en tres contextos climáticos y ciudades representativas del país, aplicando el indicador FPPRI.

Sin embargo, el análisis e interpretación de resultados, se desarrolla utilizando herramientas estadísticas básicas con las limitaciones propias del uso de medidas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión (rango-desviación estándar) y sus respectivos análisis manuales de tendencia y porcentajes de reducción.

Así mismo, el algoritmo que permite finalmente obtener el riesgo selectivo de incidencia de una variable en particular analizada considerando el riesgo con confort adaptativo, FPPRI o con sistemas HVAC, FPI; se define como un experimento aleatorio con un número finito de resultados

posibles y equis-probables, dando lugar a la analogía de la “Probabilidad de Laplace” en el diseño de estos indicadores.

Por lo anterior, tanto la validación como la confiabilidad y precisión que pudieran tener los resultados que presentan los indicadores “FPPRI-FPI”; como así mismo, el concepto axiomático de probabilidad y la verificación de sus propiedades, se encuentran fuera del alcance de este estudio.

No obstante, el método FPPRI ofrece una metodología conceptual rigurosa y sistematizada, en cada una de sus actividades; pasando por el levantamiento de la información, formulación, simulación, obtención de resultados, control y análisis. Hecha la observación anterior, se puede afirmar que el método permite ser usado como una herramienta de aproximación confiable del contexto multivariable de la pobreza energética en general, pero que debería ser validada estadísticamente en futuras investigaciones.

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo se estructura en tres grandes temas, primero se aborda la pobreza energética, discutiendo sus definiciones e indicadores, derivando en la pertinencia del FPPRI, que es posteriormente explicado en detalle, para finalmente presentar el marco de la pobreza energética y de la vivienda social en Chile.

2.1. POBREZA ENERGÉTICA: DEFINICIONES E INDICADORES

La pobreza energética (PE) es a grandes rasgos, una problemática multidimensional presente en hogares que son incapaces de satisfacer sus requerimientos energéticos a un costo asequible (Bouzarovski y Petrova 2015; Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Javier Guevara-García, et al. 2018). Si bien, no es objeto de esta tesis debatir las definiciones de este fenómeno, es necesario realizar una revisión del estado del arte en general, para contextualizar la problemática y conocer los indicadores que han sido planteados para dimensionarla, como marco para el indicador que será aplicado en esta investigación.

En este sentido, es necesario aclarar que la pobreza energética (*Energy Poverty* en inglés) es también conocida como pobreza de combustible (*Fuel Poverty*) o vulnerabilidad energética (*Energy Vulnerability*). Estos términos son diferenciados por algunos autores, que asocian el inglés “Energy Poverty” a la falta de acceso o acceso inadecuado, especialmente en países en vías de desarrollo (Bouzarovski, Petrova y Tirado-Herrero 2014; Spreng y Pachauri 2003; Bazilian et al. 2010; Birol 2007) y “Fuel Poverty” a un alto coste energético (Castaño-Rosa, Solís-Guzmán y Marrero 2018). No obstante, se ha sugerido que la pobreza energética y la pobreza de combustible son un mismo fenómeno asociado a la vulnerabilidad (Csiba, Bajomi y Gosztonyi 2016), que de acuerdo con Bouzarovski, Petrova y Tirado-Herrero (2016), se entiende como *“la propensión de un individuo a ser incapaz de asegurar un nivel de servicio de energía material y socialmente necesario en el hogar”*. En función de lo anterior, en esta investigación se asumen estos términos como sinónimos, prefiriendo el de “Pobreza Energética (PE)” por su uso más común en castellano.

La PE tiene sus orígenes en los años finales de la década los 70, principalmente como resultado de la crisis del petróleo de 1973-1974. Sin embargo, su primera definición como tal surge en 1991 cuando Boardman declaró que *“Un hogar se encuentra en pobreza de combustible si dedica más del 10% de sus ingresos en pagos de gastos energéticos, incluyendo los equipos domésticos, para*

satisfacer un nivel de confort térmico adecuado en su hogar” (Boardman 1991). Desde entonces, **el 10% del umbral de ingresos** ha sido ampliamente utilizado como criterio general para evaluar la PE (Santamouris et al. 2013; Legendre y Ricci 2014). Es así como varios estudios realizados en este campo, han adoptado este valor de umbral con aplicación exitosa, en países con climas variados tales como Grecia (Atsalis et al. 2016), Italia (Fabbri 2015) e Irlanda (Healy y Clinch 2003).

Si bien este indicador es simple y fácil de comprender, se ha encontrado que no es del todo preciso, puesto que el umbral que define el 10%, es arbitrario y justificado únicamente en el contexto en que fue planteado y que por lo tanto, no debiese generalizarse (Tirado-Herrero 2017). Así mismo, algunos autores consideran que para el cálculo, se debería discriminar el ingreso familiar entre gastos del hogar y otros gastos, así como asociarse a un ingreso mínimo (Hills 2011; Moore 2012). Esto está vinculado a que la simplificación de las variables podría derivar en “falsos positivos”, puesto que hogares con altos ingresos pueden resultar como “pobres energéticamente” si tienen un gasto excesivo de energía. Por otro lado, el indicador es altamente sensible al precio de la energía, que varía según el contexto (Romero, Linares y López 2018; Thomson, Bouzarovski y Snell 2017). Finalmente, sólo considera el gasto energético de calefacción y refrigeración, excluyendo otros consumos de la vivienda. Así mismo, no integra los “falsos negativos”, entendidos como aquellos hogares donde por la imposibilidad económica de cubrir el gasto asociado en energía, disminuyen su consumo existiendo desconfort térmico (Schuessler 2014; Del Valle y Ansoleaga 2018).

A partir de lo anterior, algunos autores proponen ajustes a la variable del ingreso económico para perfeccionar el indicador, si bien se mantienen en la línea de entender la PE como una relación entre gasto e ingreso, plantean nuevos enfoques para la definición del umbral. Es el caso de **los Indicadores 2M** (Rademaekers et al. 2016; Schuessler 2014), que toman de referencia condiciones estadísticas: establecen que una vivienda es pobre energéticamente si su gasto energético u monetario duplica la mediana o media nacional en un año determinado. Esto permite que se calculen anualmente y se puedan evaluar fluctuaciones. Así mismo, usar la mediana en lugar de la media es más sensible a los valores atípicos. Por lo tanto, estas métricas consideran las características de cada país y la definición del umbral está vinculada con la distribución nacional de ingresos y gastos, evitando así la arbitrariedad asociada al indicador del 10%. Sin embargo, estos indicadores tienen el inconveniente de que ocultarían la pobreza energética si la distribución de ingresos y gastos cambia en la población en general. Esto es, si aumentara el gasto de energía de

todos los hogares, el número de hogares en pobreza energética disminuiría (Rademaekers et al. 2016), lo que va en contra de los principios de la medición de pobreza energética, dado que “el indicador de pobreza debe incrementar si el ingreso de la persona disminuye” (Romero et al. 2014).

El **Mínimum Income Standard (MIS)** propuesto por Moore (2012) y basado en Bradshaw et al. (2008) también realiza un ajuste a la manera de evaluar la PE en función del ingreso. Considera que el valor para el cálculo es el ingreso menos los costos mínimos de vida, encontrándose en PE aquellos hogares que no pueden cubrir el gasto energético con el ingreso restante de esta diferencia. Este costo mínimo, el MIS, es un estándar que debe ser definido a nivel nacional y es aquel que permite "tener lo que necesita para tener las oportunidades y elecciones necesarias para participar en la sociedad" (Moore 2012), además tienen en cuenta la definición de "mínimo" establecida por la Convención de Derechos Humanos de la ONU como "cosas necesarias para el bienestar físico, mental, espiritual, moral y social de las personas". Este indicador ha sido aplicado exitosamente en Reino Unido, donde es posible calcular el MIS de cada hogar en función de variables de la vida diaria a través de la página web "minimumincome.org.uk". No obstante, la complejidad para definir correctamente el MIS es la principal desventaja de este indicador. Adicionalmente, ni esta métrica ni las 2M, identifican los “falsos negativos”.

Otro indicador asociado a un estándar mínimo es el **Low Income, High Cost (LIHC)**, que plantea que existe PE cuando el gasto de energía en un hogar está por encima de la mediana nacional y esto deriva en que su ingreso restante esté por debajo de la línea de pobreza oficial (Hills 2012). En este sentido, se deben determinar dos umbrales: el de la línea de pobreza y el del gasto nacional, lo que complejiza su aplicación, principalmente por la modelación de los gastos de consumo de energía equivalentes (Preston, White y Blacklaws 2014). Esta métrica, al igual que las **2M** y **MIS**, corrige la problemática de “falsos positivos” dado que se enfoca en la población de menor ingreso. No obstante, este indicador no considera la eficiencia energética en las viviendas y tampoco identifica los hogares que reducen sus consumos por no cubrir los gastos. Originalmente, el **LIHC** está basado en los costos requeridos para obtener las condiciones térmicas adecuadas, aunque también ha sido usado con el gasto real de las viviendas (Rademaekers et al. 2016).

En el mismo sentido, el **After Fuel Cost Poverty (AFCP)** también tiene la capacidad de identificar aquellos hogares de menores ingresos y de menores gastos, definiendo que un hogar está en PE si

su ingreso después de restar costos de energía y vivienda se ubica por debajo del ingreso mínimo aceptable. Toma de referencia el **MIS** (Moore 2012), los estudios realizados por Heindl (2015) y las aplicaciones llevadas a cabo en España (Romero et al. 2015) e Inglaterra (Hills 2012). Este indicador procura prevenir la exclusión social de aquellos hogares con dificultades económicas al determinar un nivel de ingreso mínimo para garantizar su bienestar. Sin embargo, no considera las condiciones de confort térmico requeridas y su influencia en el consumo energético.

Un conjunto de indicadores interesantes que posibilita identificar los “falsos negativos” son los **Hidden Energy Poverty (HEP)**, que plantean que la PE sucede en aquellos hogares donde el gasto energético no alcanza cierto umbral. Este puede ser un valor monetario de referencia por mes o en relación a cierta proporción de la mediana nacional de gasto absoluto de energía (Rademaekers et al. 2016). Estos indicadores sugieren que los gastos no son necesariamente indicativos del cumplimiento de las necesidades e indican que existen hogares que deben elegir entre pagar sus facturas de servicios públicos o comer (efecto "calentar o comer").

Del mismo modo, Walker et al. (2013) propone establecer cinco grados de severidad para la PE, tomando de base el umbral propuesto por Boardman. Estos son: 1) Sin Pobreza: Menor al 10% del Gasto Familiar; 2) Pobreza Marginal: Entre 10% a 15%; 3) Pobreza Severa: Entre 15% a 20%; 4) Pobreza Grave: Entre 20% a 25% y 5) Pobreza Extrema: Mayor al 25% del ingreso familiar (Walker et al. 2014).

Otro enfoque para abordar la PE son los **análisis econométricos**, que más que indicadores para diagnosticar una zona específica, son modelos estadísticos que buscan identificar grupos vulnerables en función de factores demográficos, socioeconómicos y físicos. Estos análisis se han realizado en Francia (Legendre y Ricci 2014) y en Italia (Miniaci, Scarpa y Valbonesi 2014), y evalúan la influencia de estos factores en la probabilidad de caer en PE. Sin embargo, los estudios realizados se enfocan en los factores de influencia más que en la identificación como tal de la PE.

Los anteriores son indicadores asociados a los ingresos y/o gastos de los hogares, pero dadas sus limitaciones, existen otro tipo de indicadores de carácter más cualitativo o consensual, es decir, basados en autorreportes o condiciones subjetivas (Healy 2004; Thomson, Bouzarovski y Snell 2017). Estos se basan en encuestas, que en el caso de la Unión Europea se ha consolidado a través de la **Survey on Income and Living Conditions (EU-SILC)** (Comission European 2019). Esta encuesta

indaga en la capacidad de calefaccionar la vivienda en días invierno, el cumplimiento del pago de las boletas de los servicios y las condiciones físicas de las viviendas. De este modo, se puede identificar problemas para cubrir las necesidades energéticas básicas de una manera simple, pero no se llega a un nivel muy detallado. La encuesta no diferencia entre boletas de energía y agua, y quizás su mayor debilidad es que dependen de respuestas subjetivas. No obstante se pueden usar como indicadores complementarios.

Teniendo en cuenta que se ha establecido que la PE es un problema que tiene su origen en múltiples factores como los altos precios de la energía, bajos ingresos familiares, viviendas con baja eficiencia energética y electrodomésticos ineficientes (Boardman 2010; Ambrose 2015; Csiba, Bajomi y Gosztonyi 2016), y que además las necesidades, características y hábitos energéticos de los ocupantes de las viviendas son condiciones que influyen en el riesgo de PE (Love y Cooper 2015; Snell, Bevan y Thomson 2015), se han sugerido también diferentes indicadores multidimensionales. Estos son más complejos y requieren mayor cantidad y calidad en la información que se toma de base.

El **Multidimensional Energy Poverty Index (MEPI)** fue planteado por Nussbaumer, Bazilian y Modi (2012) reconoce la complejidad de la PE y la aborda en términos de la privación energética. Considera diferentes requerimientos energéticos como la cocción de alimentos, iluminación, electrodomésticos, comunicación y entretenimiento y a cada uno asigna un indicador y un umbral de privación. Posteriormente se realiza una suma ponderada y se determina si el nivel de privación es aceptable o no, según un umbral arbitrario (Culver 2017). Según sus autores, el MEPI es producto de la incidencia de la PE y la cuantificación de su intensidad, lo que da una comprensión del estado de los hogares con un único número, pero no considera otros usos de la energía y el uso de esta fuera de las viviendas.

Otro indicador compuesto de varias métricas es el **Energy Development Index (EDI)**, desarrollado por la agencia internacional de energía y considera el consumo de energía comercial per cápita, la cuota de energía comercial en el uso total de energía y la tasa de electrificación (Culver 2017). Utiliza un promedio ponderado de la normalización de estos tres elementos y permite evaluar la evolución del sistema nacional de energía, pero no identifica el grado de privación energética de los hogares (Nussbaumer, Bazilian y Modi 2012). El EDI incluye la energía comercial, pero no

aborda de manera adecuada la energía del hogar, dado que se centra en la proporción de la población que tiene acceso a la red eléctrica.

Otro indicador que integra varias dimensiones es el **Energy Poverty Index (EPI)**, que considera el déficit energético, un porcentaje mínimo de consumo de energía y una medición de la dificultad de acceso a la energía (Culver 2017; Del Valle y Ansoleaga 2018). Aborda la usabilidad de la energía en diferentes dimensiones, midiendo por ejemplo frecuencia de compra, distancia, medios de transporte y otros, aunque se limita al ámbito del hogar (Del Valle y Ansoleaga 2018). Por otro lado, el **Energy Poverty Multidimensional Index (EPMI)** planteado por Bollino y Botti (2017), utiliza la encuesta EU-SILC, siendo de carácter subjetivo. Considera el acceso a la energía y la eficiencia energética de las viviendas y hace uso de lógica difusa para definir el indicador de PE, que varía de 0 a 1. Estos valores posteriormente se agregan a una medida general, lo que sugiere que la PE es algo que varía en el tiempo.

Finalmente, el **Multi-Tier Framework for Measuring Energy Access**, desarrollado por el Banco Mundial, se estructura a partir de una matriz que cruza cinco niveles de acceso con diferentes dimensiones para cada servicio energético, siendo de los más completos (Bhatia y Angelou 2014). Esta propuesta tiene mayor poder para describir las realidades de los hogares, considerando tanto el acceso a energía, como gastos y consumos (Rubén Calvo, Catalina Amigo, Marco Billi , Germán Marchant 2018). No obstante, es complejo y costoso de aplicar, y no termina de integrar todas las posibles variables asociadas a la PE (Culver 2017).

De la revisión anterior se identifica que pocos indicadores se concentran en el desempeño energético de la vivienda, si bien se reconoce que este impacta en la pobreza energética. Varios autores promueven la eficiencia energética como estrategia para reducir la PE (Florio y Teissier 2015; Fabbri 2015) e incluso han asociado la PE a la calificación energética de la vivienda. No obstante, en muchos casos las calificaciones energéticas no consideran todos los requerimientos energéticos, y además no reflejan el comportamiento de ocupantes vulnerables, que ajustan su consumo mediante adaptación térmica. De esta manera, este tipo de indicadores no reflejan el consumo real, en particular en hogares de menos recursos, por lo que no son muy precisos para diagnosticar la PE (Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Gallego-Maya, et al. 2018; Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Gallego-Maya, et al. 2018).

Sin embargo, reconociendo la importancia del desempeño energético y la adaptación de los ocupantes, Pérez-Fargallo et al. (2017) adoptaron el modelo de confort térmico adaptativo de la norma europea EN 15251:2008 (Categoría-III) para ajustar el consumo de viviendas sociales dentro del indicador del 10% de Boardman. De esta manera, integran no solo la adaptación del usuario, si no que proponen una visión predictiva del riesgo de PE, al evaluar el indicador en función de posibles combinaciones de variables y consumos estimados mediante simulación. El indicador, denominado en inglés **“Fuel Poverty Potential Risk Index” (FPPRI)** o Potencial de Riesgo de Pobreza Energética, considera entonces el confort térmico adaptativo, el entorno urbano y parámetros arquitectónicos del edificio para medir el riesgo de sufrir pobreza energética en función del decil de ingreso de la familia que lo ocupe. Adicionalmente, permite hacer predicciones futuras sobre pobreza energética aplicando modelos de cambio climático (Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Javier Guevara-García, et al. 2018). No obstante, este índice no incorpora consumos asociados a cocinar, ni a la producción de agua caliente sanitaria, además, es un índice teórico obtenido mediante simulaciones computacionales, que actualmente está en desarrollo y solo ha sido aplicado en el contexto de una ciudad.

Otro estudio que procura integrar el confort térmico es el de Sánchez-Guevara, Gonzalez Neila y Hernández Aja (2014), que evalúa la relación entre temperaturas exteriores e interiores en base a simulaciones, definiendo que aquellos hogares con mayor número de horas por fuera del rango de confort son más vulnerables energéticamente. Tanto en este caso, como en el de Pérez-Fargallo et al. (2017) existe una dependencia de la simulación que no está todavía vinculada a datos monitoreados o autorreportados, por lo que son más un ejercicio teórico. Sin embargo, al integrar el confort térmico como variable se puede estudiar más a fondo el fenómeno de la pobreza energética, y las simulaciones permiten hacer evaluaciones de diferentes escenarios, que si están bien calibradas, pueden posibilitar la predicción del riesgo de PE, y por tanto su minimización. Debido a esto, es que resulta de interés explorar este tipo de indicadores y su aplicabilidad.

Para sintetizar, existen diferentes definiciones e indicadores para dimensionar la pobreza energética, fenómeno que integra multiplicidad de variables, lo que dificulta el consenso, en particular en los métodos para dimensionarla. Si bien se ha logrado reconocer los principales factores de influencia en la PE, no existe un indicador que pueda considerarlos todos, dada la multidimensionalidad que implica y por lo tanto, su elección dependerá del objetivo que se tenga

al evaluar la pobreza energética. En ese sentido, la Tabla 2.1 presenta un resumen de los indicadores identificados en esta revisión.

Tabla 2.1. Principales indicadores de Pobreza Energética

Fuente: Elaboración propia basado en (Rademaekers, Koen; Yearwood, Jessica; Ferreira, Alipio; Pye, Steve; Hamilton, Ian; Agnolucci, Paolo; Grover, David; Karásek, Jiří ; Anisimova 2016; Calvo et al. 2019; Castaño-Rosa, Solís-Guzmán y Marrero 2018)

| Tipo | Indicador | Definición | Carácter | Referencia |
|--------------------------------|---|---|-------------------------|--|
| Basados en ingresos y/o gastos | 10% o TPR (Ten Percent Rule) | El gasto en energía supera el 10% de los ingresos | Diagnóstico | (Boardman 1991) |
| | 2M | El gasto energético es más alto que el doble de la mediana nacional | Diagnóstico | (Schuessler 2014; Rademaekers et al. 2016) |
| | MIS (Minimum Income Standard) | El ingreso del hogar es menor que el Estándar de Ingresos Mínimos | Diagnóstico | (Moore 2012) |
| | LIHC (Low Income High Cost) | El ingreso del hogar es menor que el umbral de pobreza y el consumo de energía es mayor que éste | Diagnóstico | (Hills 2012) |
| | AFCP (After Fuel Cost Poverty) | El ingreso del hogar menos el gasto energético es menor que el umbral de pobreza | Diagnóstico | (Moore 2012; Heindl 2015; Hills 2012) |
| | HEP (Hidden Energy Poverty) | El gasto energético es menor que un umbral mínimo de consumo | Diagnóstico | (Rademaekers et al. 2016) |
| | Análisis econométricos | Influencia factores demográficos, sociales, físicos. Definición de grupos vulnerables | Diagnóstico /Predictivo | (Legendre y Ricci 2014) (Miniaci, Scarpa y Valbonesi 2014) |
| Basados en autorreportes | EU-SILC (European Union Survey on Income and Living Conditions) | Incapacidad de calefaccionar, retraso en el pago de las boletas, déficit físico de las viviendas | Diagnóstico | (Comission European 2019) |
| Multi-dimensionales | MEPI (Multidimensional Energy Poverty Index) | Aborda la PE en términos de la privación energética, suma ponderada de cumplimiento de requerimientos energéticos | Diagnóstico | (Nussbaumer, Bazilian y Modi 2012) |
| | EDI (Energy Development Index) | Promedio ponderado del consumo de energía comercial per cápita, la cuota de energía comercial en el uso total de energía y la tasa de electrificación | Diagnóstico | (Culver 2017) |
| | EPI (Energy Poverty Index) | Considera el déficit energético, un porcentaje mínimo de consumo de energía y una medición de la dificultad de acceso a la energía | Diagnóstico | (Culver 2017; Del Valle y Ansoleaga 2018) |
| | EPMI (Energy Poverty Multidimensional Index) | Utiliza lógica difusa con datos de la encuesta EU-SILC | Diagnóstico | (Bollino y Botti 2017) |
| | Multi-Tier Framework | Matriz que cruza cinco niveles de acceso con diferentes dimensiones para cada servicio energético | Diagnóstico | (Bhatia y Angelou 2014) |
| Integran confort térmico | FPPRI (Fuel poverty potential risk index) | Riesgo de pobreza energética integrando adaptación del usuario, mediante simulación y combinación de parámetros | Predictivo | (Pérez-Fargallo et al. 2017) |
| | %horas en confort | Considera horas por fuera del rango de confort, relaciona temperaturas exteriores e interiores en base a simulaciones | Predictivo | (Sánchez-Guevara Sánchez, Carmen; Neila Gonzalez, Francisco Javier and Hernández Aja 2014) |

Los indicadores en la Tabla 2.1 están clasificados en los basados en datos objetivos, principalmente ingresos y costos, los establecidos en autorreportes, de carácter más subjetivo, y los multidimensionales. Se resalta también aquellos que integran la adaptación del usuario y en particular, aquellos que son de carácter predictivo, dado que se identificó que son pocos los que consideran este enfoque, clave para diseño del ambiente construido y/o definición de estándares. De acuerdo a lo anterior y considerando la necesidad de este tipo de indicadores, es que resulta pertinente estudiar más a fondo el FPPRI, que aborda esta problemática desde el punto de vista predictivo.

2.2. INDICE DE RIESGO POTENCIAL DE POBREZA DE COMBUSTIBLE (FPPRI)

El Indicador de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) planteado por Pérez-Fargallo et al. (2017) está basado en el índice de pobreza de combustible convencional (FPc) propuesto por Boardman (1991), el cual es adaptado para darle un carácter predictivo. Adicionalmente, el FPPRI integra variables asociadas al desempeño energético de la vivienda, a través de parámetros arquitectónicos como la superficie, ratio de forma, posición, orientación y entorno urbano, permitiendo estimar el consumo de energía.

Con el objeto de comprender cómo opera el FPPRI, primero se debe comprender el Indicador de Pobreza Energética (FPc) desarrollado por Boardman, que se basa en la ecuación (1).

$$(1) FPc = \left(\frac{E_C \times P_E}{I} \right) \times 100$$

Dónde:

FP_C : Pobreza de combustible convencional; (%)

E_C : Consumo de energía; (kWh/mes)

P_E : Precio de la energía; (\$/kWh)

I : Ingreso familiar; (\$/mes)

Por lo tanto, para su aplicación se necesita conocer el ingreso familiar (I), el consumo de energía de la vivienda (E_C) y el precio unitario de la energía o del combustible utilizado (P_E). Esta información se obtiene o se estima de las bases de datos disponibles que reportan los propios institutos de estadística a nivel nacional. De acuerdo con Boardman (1991), cuando el FPc supera

el 10% de los ingresos, se señala que esta vivienda está experimentando una situación de pobreza energética.

Según lo anterior, el *FPC* convencional se entiende tradicionalmente como una situación de diagnóstico existente, en la que todos los factores de la ecuación (1) son conocidos previamente.

Tomando como base la ecuación anterior, el índice *FPPRI* (Pérez-Fargallo et al. 2017) propone una adaptación, en donde el riesgo pasivo de caer en PE toma un carácter predictivo, o probabilístico, dado que, el algoritmo que permite obtener el riesgo se podría definir como un experimento aleatorio con un número finito de resultados posibles y equis-probables, permitiendo hacer una analogía con la “**Probabilidad de Laplace**” en la interpretación de sus resultados. Por otro lado, es selectivo, porque admite realizar análisis particulares de las variables independientes en forma separada (Directas: sombras, ratio de forma, posición, orientación; Indirectas: superficie, clima, ingreso, costo de energía, confort adaptativo), que afectan finalmente el riesgo de PE o variable respuesta.

Es así como el consumo de energía (E_c) establecido en la ecuación (1), es obtenido a través de un proceso de simulación energética (EC_S). Posteriormente, este consumo es llevado a una condición real (EC_R) mediante ajuste de varios factores que consideran entre otros, la incertidumbre del clima, la superficie real acondicionada, el tiempo de operación y la eficiencia de los sistemas HVAC. Así mismo, se consideran factores como el tipo de energía o combustible utilizado y la adaptación al clima interior que pudieran tener los habitantes de una vivienda social (Sánchez de la Flor 2015). Este ajuste al consumo se realiza entonces mediante la ecuación (2).

$$(2) EC_R = f_c \cdot f_a \cdot f_t \cdot f_\eta \cdot f_f \cdot f_{cu} \cdot (EC_S)$$

Dónde:

EC_R Consumo real de energía; (kWh/mes).

EC_S Consumo de energía de simulación; (kWh/mes).

f_c Factor de ajuste por clima; (adimensional).

f_a Factor de ajuste por área de superficie real acondicionada; (adimensional).

f_t Factor de ajuste por tiempo real del sistema HVAC empleado; (adimensional).

f_η Factor de ajuste por rendimiento del sistema HVAC; (adimensional).

f_f Factor de ajuste por tipo de energía o combustible; (adimensional).

f_{cu} Factor de ajuste por confort adaptativo propio del usuario; (adimensional).

Para la definición de los valores de los factores de ajuste, el FPPRI considera que si bien hay factores difíciles de predecir, como los asociados a la climatización. Sin embargo, la vivienda social en Chile tiende a tener patrones comunes en el uso de sistemas HVAC. Según la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT) en los niveles socioeconómicos más vulnerables de nuestro país (Grupos C3-D-E), el 0,8% de los hogares tienen sistemas de aire acondicionado; 1,5% calefacción central y 80,9% utilizan calefactores con distintos tipos de combustibles. Siendo los más usados y ordenados de mayor a menor porcentaje de uso, los calefactores a leña, GLP en balones, parafina y electricidad (Corporación de Desarrollo Tecnológico 2010).

Según lo anterior y con el objeto aislar y estudiar adecuadamente la variable de interés de la influencia multivariable del fenómeno de pobreza energética dejando el resto de las variables constantes utilizando el concepto “**Ceteris Paribus**”, se considera en todos los climas y ciudades estudiadas, sistemas de calefacción eléctrica con rendimiento del 100%.

Así mismo, y a pesar de que las zonas climáticas son diferentes en cada ciudad analizada; el clima propiamente tal en cada una de ellas; el tiempo de uso real del sistema HVAC y el área de la superficie real acondicionada; se considerarán con un factor de ajuste “1”, al comparar casos de estudio de un mismo modelo, que corresponde a un mismo grupo de usuarios y tiene una ubicación fija a través del tiempo. Por lo tanto, todos los factores de ajuste para corregir el EC_S , excepto el Factor de Confort Adaptativo que tiene relación con el clima y el usuario (f_{cu}) se consideran como valores fijos igual a “1”.

El f_{cu} se calcula mediante la ecuación (3), que considera las horas totales del periodo de estudio definidas según la ecuación (4) y siguiendo los límites para las temperaturas operativas según el modelo de confort adaptativo de la norma EN 15251: 2007, Categoría III (aceptable y moderado nivel de expectativas en edificios ya existentes) y las ecuaciones (5), (6), y (7).

$$(3) f_{cu} = 1 - \left(\frac{H_d + H_{oc}}{H_t} \right) = \left(\frac{H_{od}}{H_t} \right)$$

$$(4) H_t = H_d + H_{oc} + H_{od}$$

$$(5) \theta_{imax} = 0,33 * \theta_{rm} + 18,8 + 4$$

$$(6) \theta_{imin} = 0,33 * \theta_{rm} + 18,8 - 4$$

$$(7) \theta_{rm} = \frac{(\theta_{ed-1} + 0,8 * \theta_{ed-2} + 0,6 * \theta_{ed-3} + 0,5 * \theta_{ed-4} + 0,3 * \theta_{ed-5} + 0,6 * \theta_{ed-6} + 0,2 * \theta_{ed-7})}{3,8}$$

Dónde:

H_t : Horas totales del período de estudio; (h).

H_d : Horas desocupadas del período de estudio; (h).

H_{oc} : Horas ocupadas en confort adaptativo según EN 15251: 2007, Categoría III; (h).

H_{od} : Horas ocupadas en disconfort adaptativo según EN 15251: 2007, Categoría III, (h)

θ_{imax} : Límite superior de la temperatura operativa interior según Categoría III; (°C).

θ_{imin} : Límite inferior de la temperatura operativa interior según Categoría III; (°C).

θ_{rm} : Temperatura exterior promedio diaria para un día determinado; (°C).

Esta última, considera la temperatura media diaria externa para los 7 días anteriores; teniendo θ_{ed-1} , como la temperatura media diaria externa del día anterior y θ_{ed-2} , la temperatura media diaria externa del segundo día anterior y así sucesivamente; (°C).

Luego simplificando la ecuación (2) y reemplazando en esta la ecuación (3), se obtiene la relación del número de horas en que las personas se encuentran en disconfort térmico sobre el número de horas totales del periodo de estudio. Luego el EC_R se puede aproximar según la ecuación (8):

$$(8) EC_R = EC_S \cdot \left(1 - \left(\frac{H_d + H_{oc}}{H_t} \right) \right) = EC_S \cdot \left(\frac{H_{od}}{H_t} \right)$$

Seguidamente, al desagregar cada uno de los EC_S de la vivienda en consumos “Heating, Cooling, Equipos e Iluminación” y posteriormente costearlos mensualmente, aplicando los cargos y tarifas de suministro eléctrico para los meses de verano e invierno en cada ciudad; se obtiene el Gasto de energía promedio mensual considerando confort adaptativo (EE_{AC}).

Es conveniente precisar que, el precio de la energía adicional de invierno (P_{EI}) se aplica solo a clientes residenciales (tarifa BT1) entre los meses de abril a septiembre de cada año, siempre y cuando, el consumo mensual de energía sobrepase el límite de invierno (LI) y además, sea mayor

que el umbral de 430 (kWh/mes), establecido por ley de la República y que corresponde al consumo mínimo para cobrar energía adicional.

De esta manera, el EE_{AC} queda representado por la sumatoria del gasto en los meses de verano (EES_{AC}) e invierno (EEW_{AC}) considerando confort adaptativo, promediado en 12 meses y en las condiciones de facturación propias de la temporada del año y del costo de energía de cada ciudad.

Según lo anterior, la ecuación (9) representa el gasto de energía promedio mensual considerando confort adaptativo en los meses de verano (EES_{AC}).

$$(9) EES_{AC} = \sum_{i=1}^n \left((EC_{C_i} + EC_{H_i} + EC_{I_i} + EC_{E_i}) X (H_{od}/H_t) X (P_{EB} + C_{ST}) + CF \right)$$

En relación al gasto de energía promedio mensual considerando confort adaptativo en los meses de invierno (EEW_{AC}), se presentan dos posibles escenarios:

a) Si el consumo de energía media real de invierno considerando AC; $EC_R W_{AC}$ es $\geq a LI \wedge \leq 430$ (kWh/mes); entonces el EEW_{AC} es igual a EES_{AC} , quedando representado por la ecuación (10).

$$(10) EEW_{AC} = EES_{AC} = \sum_{i=1}^n \left((EC_{C_i} + EC_{H_i} + EC_{I_i} + EC_{E_i}) X (H_{od}/H_t) X (P_{EB} + C_{ST}) + CF \right)$$

b) Si por el contrario, el consumo de energía media real de invierno $EC_R W_{AC}$ es $\geq al LI \wedge > 430$ (kWh/mes); entonces el gasto de energía de invierno se obtiene mediante la ecuación (11):

$$(11) EEW_{AC} = \sum_{j=1}^n \left((EC_{C_i} + EC_{H_i} + EC_{I_i} + EC_{E_i} - LI) X (H_{od}/H_t) X (P_{EI} + C_{ST}) + (LI X (P_{EB} + C_{ST})) + CF \right)$$

Dónde:

$EC_{C_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media Cooling de simulación en los meses "i" y "j" (kWh/mes).

$EC_{H_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media Heating de simulación en los meses "i" y "j" (kWh/mes).

$EC_{I_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media de iluminación por simulación en los meses "i" y "j" (kWh/mes).

$EC_{E_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media de Equipos por simulación (kWh/mes).

$EC_R W_{AC}$: Consumo de energía media real de invierno considerando AC, (kWh/mes).

EE_{SAC} : Gasto de energía meses de verano considerando confort adaptativo; (\$/mes).

EE_{WAC} : Gasto energía meses de invierno considerando confort adaptativo; (\$/mes).

H_{od}/H_t : Factor de confort adaptativo; (adimensional).

P_{EB} : Precio energía base; (\$/kWh).

P_{EI} : Precio energía adicional de invierno; (\$/kWh).

C_{ST} : Cargo único sistema troncal; (\$/kWh).

CF : Cargo fijo mensual; (\$/Mes).

i : Meses de verano donde $i = 1$: octubre; $i = 2$: noviembre; $i = 3$: diciembre;; $i = 6$: marzo.

j : Meses de invierno donde $j = 1$: abril; $j = 2$: mayo; $j = 3$: junio;; $j = 6$: septiembre.

n : Meses de invierno y meses de verano: $n = 6$.

LI : Límite de invierno, se calcula el promedio mensual de los consumos durante los meses de octubre del año anterior a marzo del año en curso (verano), bonificando este promedio en un 20%. Finalmente el LI , resulta del mayor valor de comparar 350 (kWh/Mes) con este promedio bonificado. En este estudio se asume un LI en todas las situaciones igual a 350 (kWh/mes).

Luego el EE_{AC} se obtiene como la suma de las ecuaciones (9) y (10) o (11), promediado en 12 meses, resultando finalmente la ecuación (12).

$$(12) EE_{AC} = \left(\frac{EE_{SAC} + EE_{WAC}}{12} \right)$$

Posteriormente, al dividir el EE_{AC} entre un decil de ingreso cualquiera, " D_n ", se obtiene el Índice de Riesgo de Pobreza de Combustible promedio aplicando confort adaptativo, $FPAC$, quedando definido por la ecuación siguiente:

$$(13) FPAC = \left(\frac{EE_{AC}}{D_n} \right) \times 100\%$$

Dónde:

EE_{AC} : Gasto energía promedio mensual considerando confort adaptativo; (\$/mes).

D_n : Límite superior para el decil de ingreso promedio; (\$/mes) considerado en el intervalo “n” donde n=1: decil 1; n=2: decil 2; n=3: decil 3; n=4: decil 4.

$FPAC$: Índice de Riesgo de Pobreza de Combustible medio usando confort adaptativo; (%)

Finalmente, el Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible, considerando confort adaptativo ($FPPRI$) queda definido como el cociente de la sumatoria entre el número de casos de ocurrencia de $FPAC$ (bajo una cierta variable de análisis Va_i , y donde no supera el 10% del ingreso familiar en gasto de combustible o energía) y el número total de casos posibles o potenciales de ocurrencia de los mismos eventos representados por la ecuación (14).

$$(14) FPPRI = \left(\frac{\sum_{i=1}^n NOCF_{VAi}}{\sum_{i=1}^n NOCP_{VAi}} \right) \times 100 (\%)$$

Dónde:

$FPPRI$: Índice de Riesgo Potencial de Pobreza Energética usando confort adaptativo; (%) para una cierta variable Va_i estudiada.

$NOCF_{VAi}$: Número de ocurrencias favorables de $FPAC$ para una condición de Va_i .

$NOCP_{VAi}$: Número de ocurrencias potenciales o totales $FPAC$ para una condición de Va_i .

Va_i : Variable de análisis “i” donde i=1: Análisis de Forma; i=2: Análisis de Posición; i=3: Análisis de Orientación; i=4: Análisis de entorno urbano o Sombras.

Así, un valor de $FPPRI$ igual a 0% indica “ocurrencia no observable” de $FPAC$ bajo la influencia de una cierta variable Va_i , es decir, en ninguno de los casos observados se encuentra por sobre el umbral definido del 10% del ingreso en gasto de combustible o energía.

De igual modo, un $FPPRI$ igual al 100% indica “ocurrencia total”, en otras palabras, todos los casos analizados se encuentran por sobre el umbral del 10% en gasto de combustible o energía. Se puede observar además, que reúne características de índice, probabilístico o predictivo, selectivo, adaptativo como así mismo, de límite o frontera.

Con el objeto de validar el efecto del confort adaptativo dentro del indicador, Pérez-Fargallo et al. (2017) plantearon de manera paralela el “Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible

considerando sistemas HVAC” (FPI) y construido de la misma manera que el FPPRI, pero donde el factor de ajuste por confort adaptativo propio del usuario f_{cu} , toma un valor fijo igual a “1”. Esto indica que las horas ocupadas en disconfort son iguales al periodo de tiempo del estudio. Es decir, como las horas en disconfort se obtienen del proceso de simulación en modo “**oscilación libre**” o sin control de temperatura; no existe dicho proceso de adaptación de las personas al ambiente. Por lo tanto, las personas dentro de la vivienda siempre estarán demandando energía sin hacer uso de su autorregulación térmica.

Tomando como base los formulismos anteriores, se tiene las siguientes ecuaciones y consideraciones aplicadas a esta situación. El consumo de energía real (EC_R) se obtiene según la ecuación (15).

$$(15) EC_R = EC_S \cdot \left(1 - \left(\frac{H_d + H_{oc}}{H_t}\right)\right) = EC_S \times \left(\frac{H_{od}}{H_t}\right) = EC_S \times 1$$

Consecuentemente, al desagregar cada uno de los EC_S de la vivienda en consumos “Heating, Cooling, Equipos e Iluminación” y posteriormente costearlos mensualmente aplicando los cargos y tarifas de suministro eléctrico para los meses de verano e invierno de cada ciudad; se obtiene el gasto de energía promedio mensual HVAC (EE_{HVAC}).

Luego el EE_{HVAC} queda representado por la sumatoria del gasto en los meses de verano EES_{HVAC} e invierno EEW_{HVAC} considerando sistemas HVAC, promediado en 12 meses y en las condiciones de facturación propias de la temporada del año y del costo de energía de cada ciudad. Según lo anterior, la ecuación (16) representa el gasto de energía HVAC en los meses de verano EES_{HVAC} .

$$(16) EES_{HVAC} := \sum_{i=1}^n \left((EC_{C_i} + EC_{H_i} + EC_{I_i} + EC_{E_i}) \times (P_{EB} + C_{ST}) + CF \right)$$

En relación al invierno, se presentan los mismos dos escenarios del indicador anterior a tener en cuenta:

a) Si el consumo de energía media real de invierno considerando sistemas HVAC; $EC_R W_{HVAC}$ es \geq a $LI \wedge \leq 430$ (kWh/mes); entonces el EEW_{HVAC} es igual a EES_{HVAC} , como muestra la ecuación (17).

$$(17) EEW_{HVAC} = EES_{HVAC} = \sum_{i=1}^n \left((EC_{C_i} + EC_{H_i} + EC_{I_i} + EC_{E_i}) \times (P_{EB} + C_{ST}) + CF \right)$$

b) Si por el contrario, el consumo de energía media real de invierno $EC_R W_{HVAC}$ es \geq al $LI \wedge > 430$ (kWh/mes); entonces el EEW_{HVAC} se obtiene mediante la ecuación (18).

$$(18) EEW_{HVAC} = \sum_{j=1}^n \left((EC_{Ci} + EC_{Hi} + EC_{Ii} + EC_{Ei} - LI) X (P_{EI} + C_{ST}) + (LI X (P_{EB} + C_{ST})) + CF \right)$$

Dónde:

$EC_{C_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media Cooling de simulación en los meses “i” y “j” (kWh/mes).

$EC_{H_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media Heating de simulación en los meses “i” y “j” (kWh/mes).

$EC_{I_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media de iluminación por simulación en los meses “i” y “j” (kWh/mes).

$EC_{E_{i \wedge j}}$: Consumo de energía media de equipos por simulación; (kWh/mes).

$EC_R W_{HVAC}$: Consumo de energía media real de invierno considerando sistemas HVAC; (kWh/mes).

EES_{HVAC} : Gasto de energía meses de verano considerando sistemas HVAC; (\$/mes).

EEW_{HVAC} : Gasto energía meses de invierno considerando sistemas HVAC; (\$/mes).

P_{EB} : Precio energía base; (\$/kWh).

P_{EI} : Precio energía adicional de invierno; (\$/kWh).

C_{ST} : Cargo único sistema troncal; (\$/kWh).

CF : Cargo fijo mensual; (\$/Mes).

i : Meses de verano donde $i =1$: octubre; $i =2$: noviembre; $i =3$: diciembre;; $i =6$: marzo.

j : Meses de invierno donde $j =1$: abril; $j =2$: mayo; $j =3$: junio;; $j =6$: septiembre.

n : Meses de invierno y meses de Verano: $n =6$.

LI : Límite de invierno, (kWh/mes).

Luego el EE_{HVAC} se obtiene como la suma de las ecuaciones (16) y (17) o (18), promediado en 12 meses, resultando finalmente en la ecuación (19).

$$(19) EE_{HVAC} = \left(\frac{EES_{HVAC} + EEW_{HVAC}}{12} \right)$$

Así mismo, al dividir el EE_{HVAC} entre un decil de Ingreso cualquiera, “ D_n ”, se obtiene el Índice de Riesgo de Pobreza de Combustible promedio HVAC (FPP) quedando definido por la ecuación (20).

$$(20) FPP = \left(\frac{EE_{HVAC}}{D_n} \right) \times 100\%$$

Finalmente, el Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible HVAC (FPI) queda definido, como el cociente de la sumatoria entre el número de casos de ocurrencia de FPP (bajo una cierta variable de análisis Va_i , y donde no supera el 10% del Ingreso familiar en gasto de combustible o energía) y el número total de casos posibles o potenciales de ocurrencia de los mismos eventos y que quedan representados por la ecuación (21).

$$(21) FPI = \left(\frac{\sum_{i=1}^n NOCF_{VAi}}{\sum_{i=1}^n NOCP_{VAi}} \right) \times 100(\%)$$

Dónde:

FPI : Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible HVAC (%); para una cierta variable Va_i estudiada.

$NOCF_{VAi}$: Número de ocurrencias favorables de FPP para una condición de Va_i .

$NOCP_{VAi}$: Número de ocurrencias potenciales o totales FPP para una condición de Va_i .

Va_i : Variable de análisis “i” donde i=1: Análisis de Forma; i=2: Análisis de Posición; i=3: Análisis de Orientación; i=4: Análisis de Entorno Urbano o Sombras.

Así, un valor de FPI igual a 0% indica “ocurrencia no observable” de FPP bajo la influencia de una cierta variable Va_i , es decir, ninguno de los casos observados se encuentra por sobre el umbral definido del 10% del ingreso en gasto de combustible o energía.

De igual modo, un FPI igual al 100% indica “ocurrencia total”, en otras palabras, todos los casos analizados se encuentran por sobre el umbral del 10% en gasto de combustible o energía. Al igual que en el caso anterior, reúne características de índice, probabilístico o predictivo, selectivo, adaptativo como así mismo, de límite o frontera.

Tanto para el FPPRI como para el FPI, las variables de interés V_{a_i} , consideradas por Pérez-Fargallo et al. (2017) se pueden observar en la Figura 2.1 y corresponden a la superficie de la vivienda, el ratio de forma, la posición, la orientación y entorno urbano (sombras por obstáculos remotos), que además se integran en diferentes combinaciones en las simulaciones.

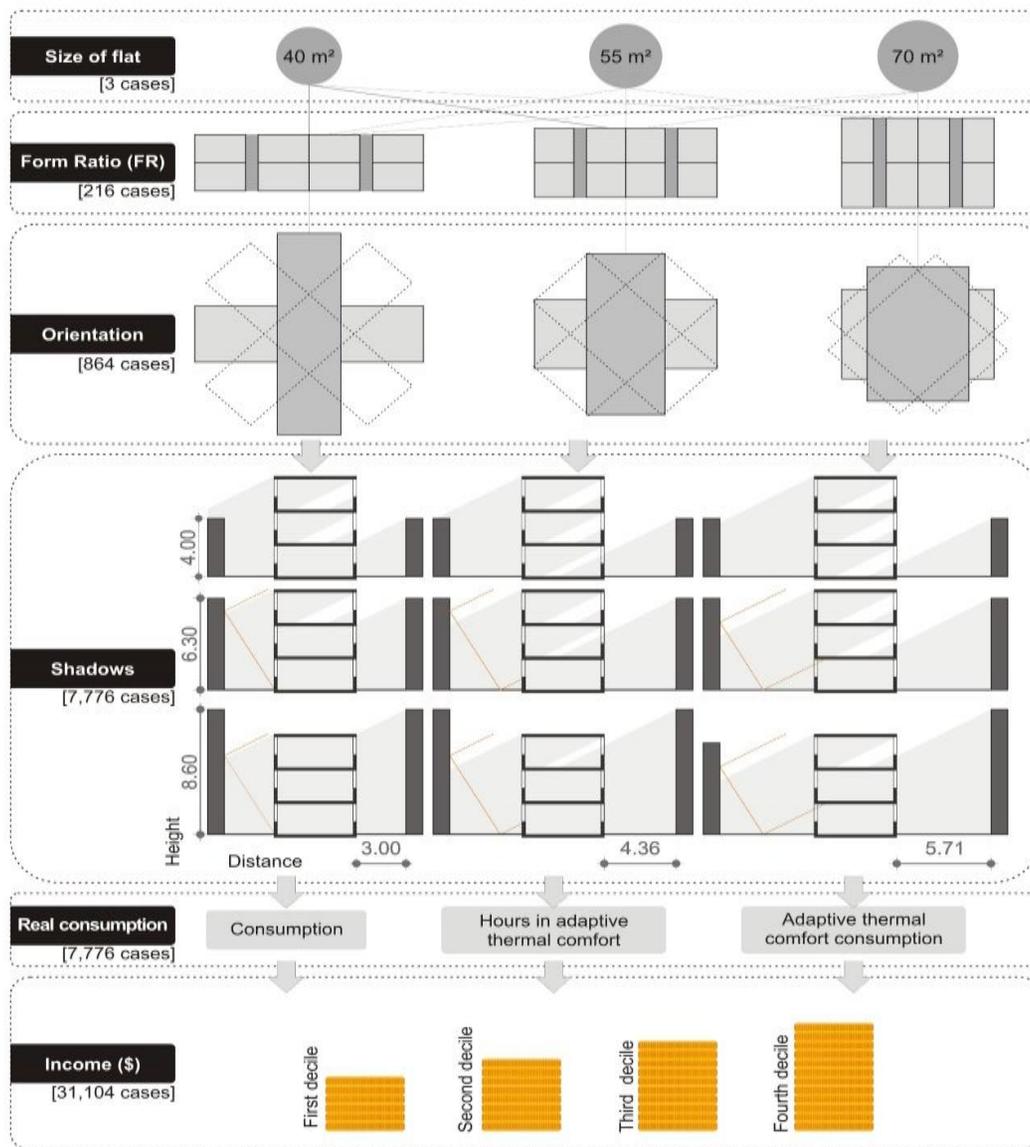


Figura 2.1. Variables de interés integradas en el FPPRI.

Fuente: (Pérez-Fargallo et al. 2017)

2.3. POBREZA ENERGÉTICA Y VIVIENDAS SOCIALES EN CHILE

La red de pobreza energética de Chile ha trabajado desde el año 2017 en esta problemática, y ha logrado proponer una definición particular de PE en el contexto chileno *“Un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando 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”* (Calvo et al. 2019). La Red plantea que la PE tiene tres dimensiones: Acceso, Calidad y Equidad y la infografía que se observa en la Figura 2.2 presenta indicadores y hallazgos hasta la fecha.

Calvo et al. (2019) realizaron un ejercicio de aplicación de diferentes indicadores de pobreza energética para dimensionar el fenómeno en Chile, concluyendo que 34.3% de los hogares en centros urbanos tiene un gasto excesivo en energía o gasta inadecuadamente en este servicio. Es decir, bajo el enfoque del indicador MIS, 22.6% de los hogares no pueden cubrir los costos de la línea de pobreza oficial y sus gastos de energía simultáneamente. Por otro lado, 16.9% gasta menos que la mitad de la mediana nacional en energía (indicador HEP). La Figura 2.3 resume los hallazgos del estudio, donde también resalta la proporción de hogares con problemas de eficiencia energética (66.2%) y de personas que pasan frío en invierno (1 de cada 5).

La problemática energética en Chile no es nueva, y actualmente se cuenta con la política energética “Energía 2050”, publicada a finales de 2015. Esta política tiene como objetivo lograr y mantener la confiabilidad de todo el sistema energético, cumpliendo a su vez con criterios de sostenibilidad e inclusión (Ministerio de Energía Chile 2017). La Política se estructura en cuatro pilares: 1. Seguridad y calidad del suministro; 2. Energía como motor de desarrollo; 3. Compatibilidad con el medio ambiente; 4. Eficiencia y educación energética. En el marco del pilar de la energía como motor de desarrollo, se aborda la pobreza energética y se busca establecer políticas para su reducción. Se plantea reducirla en un 50% para el 2035 y completamente para 2050 (Ministerio de Energía Chile 2017).

DEFINICIÓN FUENTE: RedPE 2017

Un hogar se encuentra en situación de **POBREZA ENERGÉTICA** cuando:

No dispone de energía suficiente para cubrir las necesidades fundamentales y básicas, considerando tanto lo establecido por la sociedad (observado como "objetivo") como por sus integrantes (reconocido como "subjetivo").



No cuenta con la capacidad de acceder a fuentes de energía que le permitan decidir entre una gama suficiente de servicios energéticos de alta calidad (adecuados, confiables, sustentables y seguros), que sostengan el desarrollo humano y económico de sus miembros.

Tanto necesidades como satisfactores son definidos por una sociedad particular, situada en un territorio, en un contexto temporal y bajo condiciones socioculturales específicas.

DIMENSIONES DE LA POBREZA ENERGÉTICA:

1 ACCESO Umbrales físicos que constituyen barreras de acceso a la energía, considerando tanto limitantes geográficas, de infraestructura y tecnológicas.

Acceso a electricidad

FUENTE: CASEN 2015

35.900 chilenas/os se encuentran en situación de Pobreza Energética por falta de acceso a la electricidad.



Acceso a agua caliente sanitaria

FUENTE: CASEN 2015

11,6% de los hogares no usa/no tiene sistema para Agua Caliente Sanitaria (ACS) en la vivienda concentrados en los quintiles más pobres (quintil I y II suman un 38,7%) y en zonas rurales (38,8%).



Los datos de Acceso muestran barreras importantes de acceso a la energía, especialmente asociadas a sectores rurales y a la zona sur del país.

2 CALIDAD Umbrales de tolerancia permiten evaluar las condiciones de acceso (a qué se accede) y equidad (de qué forma). Considera tanto la calidad de las fuentes de energía y equipamiento, como las condiciones habitacionales y la seguridad del suministro energético

Calidad de la calefacción

Chile presenta una matriz de calefacción diversificada de acuerdo a las características de cada zona climática. El uso de leña se concentra en el sur del país, zona donde más de un 50% de los encuestados señala la contaminación del aire como el principal problema ambiental (ENMA 2016). Pese a esto, de acuerdo a ENE 2015, un 55% de los encuestados declara no estar dispuesto a cambiar el tipo de leña que actualmente utiliza por una de mejor calidad.



COMBUSTIBLE DESTACADO POR REGIÓN:



FUENTE: ENE 2016

Calidad de las viviendas

FUENTE: CASEN 2015

Con los datos disponibles no es posible caracterizar la calidad de la aislación térmica de las viviendas a nivel nacional. Si bien se presentan datos respecto a materialidad de muros, pisos y techos de los hogares no se proporciona información respecto de aislación o posibles filtraciones de las viviendas.

Los datos de Calidad de las viviendas, climatización (tanto calefacción como ventilación) y estabilidad del suministro eléctrico son fundamentales frente a las proyecciones actuales de Cambio Climático y los posibles Desastres socio-naturales a los que nuestro país se ve enfrentado.

3 EQUIDAD Umbrales económicos, asociados al gasto energético que realizan los hogares en relación con su presupuesto total, a la dificultad de acceder a fuentes de energía, bienes adecuados y de lograr confort térmico/luminico.

Sensación de frío



Equidad en gasto energético



FUENTES:

- VII EPF 2013:** VII Encuesta de Presupuestos familiares del Instituto Nacional de Estadística
- CASEN 2015:** Censo de Características Socioeconómicas Nacionales 2015 del Ministerio de Desarrollo Social
- ENE 2015 y ENE 2016:** Encuesta Nacional de Energía 2015 y 2016 del Ministerio de Energía
- ENMA 2016:** Segunda Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2016 del Ministerio del Medio Ambiente
- RedPE 2017:** Red de Pobreza Energética Chile, con gobierno mediador Anayas de Ventres secundarias, departamentos de alcance nacional
- ReNaM 2017:** Red Nacional de Monitoreo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Figura 2.2. Infografía pobreza energética.

Fuente: Red de Pobreza energética <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/que-es-pobreza-energetica/>

LAS CARAS DE LA POBREZA ENERGÉTICA EN CHILE

+ Un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando 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, 2019).

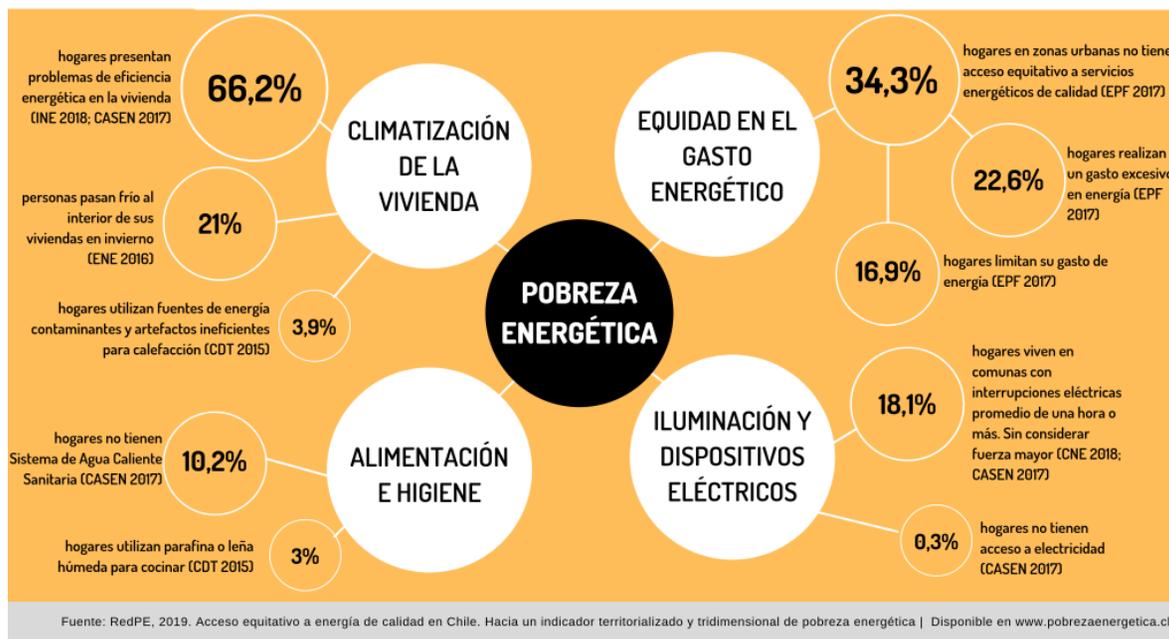


Figura 2.3. Pobreza energética en Chile, diferentes indicadores según la Red de Pobreza Energética
Fuente: Red de Pobreza Energética <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/estudio-indicadores-pobreza-energetica/>

En los países pertenecientes a la OCDE, como Chile (OCDE 2016), donde la cobertura eléctrica es cercana al 100% (Legros et al. 2009), la mayoría de los hogares tienen garantizado el acceso a este tipo de energía. En el caso de Chile, 99.63% de los hogares tiene suministro eléctrico (Observatorio Social: Ministerio de Desarrollo Social y Familia-MDSF 2017), sin embargo, varía en función del territorio. De esta manera, la pobreza energética está asociada principalmente a temas de calidad y de capacidad de pago.

Cerca del 30% de los hogares en Chile no pueden pagar por la energía básica requerida, como la que se necesita para mantener la vivienda bajo las condiciones térmicas adecuadas (Ministerio de Energía Chile 2017). Se estima que en el 70% de las viviendas la temperatura interior durante las estaciones de invierno y verano no es la adecuada (Ministerio de Energía Chile 2017). La problemática es particularmente notoria en las viviendas sociales.

En Chile, entre 1964 y 2015, se han otorgado más de 3.671.646 subsidios para construir viviendas sociales, lo que representa alrededor de 19 mil millones de dólares de inversión desde 1990 (Observatorio Urbano-MINVU 2019). A la fecha, las viviendas promovidas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) suman aproximadamente 1.495.000 (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014). Esto muestra que a nivel país se ha invertido para proveer de viviendas y mejorar la calidad de vida de los sectores más pobres de Chile. No obstante, las familias que habitan en estas viviendas son normalmente de bajos recursos, perteneciendo a los deciles más vulnerables según la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) (Ministerio de Desarrollo Social y Familia-MDSF 2019) y del Registro de Calificación Socioeconómica (CSE) (Registro Social de Hogares-Ministerio de Desarrollo Social y Familia-(MDSF) 2019)). Por lo tanto, los recursos económicos para hacer frente al consumo energético de estas viviendas son en general limitados. En Chile, 14,5% de los hogares se encuentran en situación de pobreza multidimensional (Observatorio Social: Ministerio de Desarrollo Social y Familia-MDSF 2017).

En el mismo sentido, los bajos ingresos de los hogares y el precio de los combustibles, derivan en problemas ambientales asociados con el uso de la leña para calefaccionar (Urquiza et al. 2017). Si bien Chile ha avanzado en la incorporación de estándares de eficiencia energética y uso racional de la energía, a través de la reglamentación térmica, los requisitos obligatorios son considerablemente bajos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2018). De ello da cuenta el anteproyecto de norma para actualizarla (NTM 11-2) (Ministerio de Vivienda y Urbanismo-MINVU 2014), y las propuestas para mejorar los Estándares para la Construcción Sustentable de las viviendas en Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2019).

Si bien en los últimos años se han dado avances en definir el concepto de Pobreza Energética y adecuarlo a realidad chilena, las acciones para generar instrumentos para medirlo y crear acciones que aborden tal fenómeno de modo integral han sido limitadas. En este sentido, aplicar un índice predictivo como el propuesto por Pérez-Fargallo et al. (2017) en diferentes contextos y combinaciones de viviendas sociales en Chile puede generar importantes beneficios a la hora de reducir la pobreza energética en un futuro cercano.

Para realizar lo anterior, es necesario entender el contexto de las viviendas sociales en Chile, identificando las características más comunes de estas, para que al ser evaluadas mediante el

FPPRI, sean representativas del parque de viviendas sociales. Para esto, se tomó como referencia el “Catastro Nacional de Condominios Sociales” (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014). Se consideran la tipología de viviendas, tamaño de superficies, ciudades, entre otras variables del parque habitacional nacional y que están acogidos a la Ley N°19.537 de Copropiedad Inmobiliaria y al DTO-47 de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Las características generales más frecuentes de las viviendas sociales en Chile se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Resumen de las características generales más frecuentes de las viviendas sociales en Chile. Fuente: Elaboración propia

| MARCO DE REFERENCIA CARACTERÍSTICO CATASTRO CONDOMINIOS SOCIALES MINVU-2013 PARA CONSTRUCCIÓN MODELO DE SIMULACIÓN | | | | |
|--|----------------|---------------------|------------------------|----------------------------|
| CIUDADES METROPOLITANAS | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | TOTAL NACIONAL |
| N° DEPTOS- CATASTRO | 26.043 | 62.489 | 194.808 | 283.340 |
| PORCENTAJE | 8% | 18% | 57% | 82,3% |
| SUPERFICIES | M2 | TOTAL | PORCENTAJE | TOTAL NACIONAL |
| ENTRE | 40-59,9 | 235.571 | 68,4% | 83,3% |
| MAYOR QUE | 60-69,9 | 51.660 | 15,0% | |
| ESCALA DE CONJUNTO | N° DE NIVELES | AGRUPAMIENTO | TIPO | PORCENTAJE |
| ENTRE | 3 Y 4 | SIMPLE | A1 | 25% |
| PORCENTAJE | 74% | COMPLEJO | B1 | 15% |
| AGREGACIÓN | SIN AGREGAR | 44,0% | LINEAL | 36% |
| ORDENAMIENTO | SIN-PLAZOLETAS | DENSIDAD-SATURACIÓN | CALLES/PJE-INDEFINIDAS | ÁREAS VERDES-REGULAR MIXTO |
| PORCENTAJE | 65,0% | 57,0% | 62,0% | 56,0% |
| VENTANAS | TIPO | A | PORCENTAJE | 44,0% |

Luego, de un total 384.856 viviendas que representan 1.555 conjuntos habitacionales individuales catastrados por el MINVU a lo largo de todo Chile el año 2013; el 89% de ellos (344.402) son departamentos en condominios sociales en altura. Así mismo, el total de departamentos en condominios sociales representa el 60,7% del total de departamentos y alrededor del 7,3% del parque habitacional nacional (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014).

La cantidad y distribución de conjuntos y departamentos en condominios sociales construidos por ciudad más representativos, corresponden a ciudades de escala metropolitanas del “Gran Santiago, Gran Concepción y Gran Valparaíso”; las que concentran el 55,4% del suelo urbano ocupado, el 57% del parque habitacional nacional y el 82,3% de los departamentos construidos en el país (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU]

2014). La distribución de departamentos en condominios sociales por regiones se observa en la Figura 2.4.

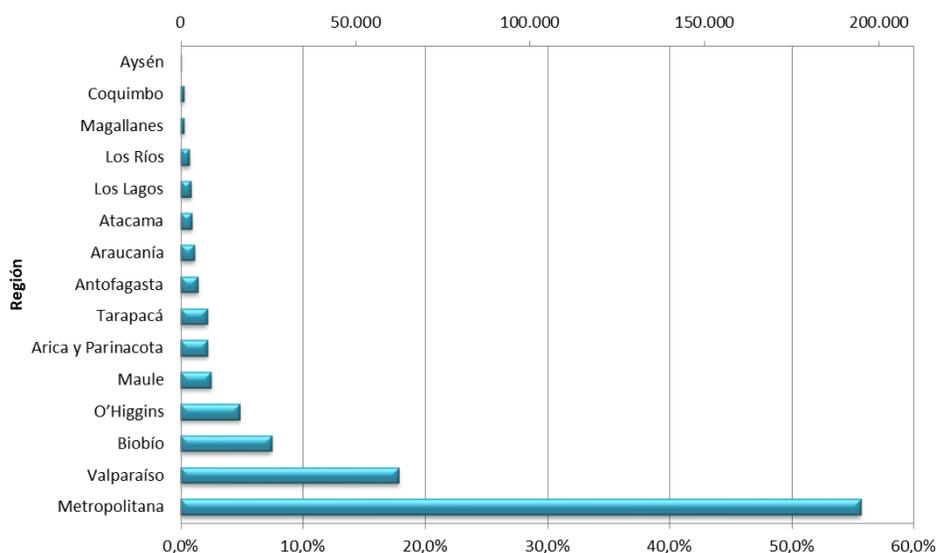


Figura 2.4. Departamentos en condominios sociales por región.
Fte.: Elaboración propia

Respecto de la Superficie de las viviendas en condominios sociales, el metraje promedio es de 54,8m². En cuanto a la distribución, el 83,3% del parque habitacional concentran superficies que van desde 40 a 70m².

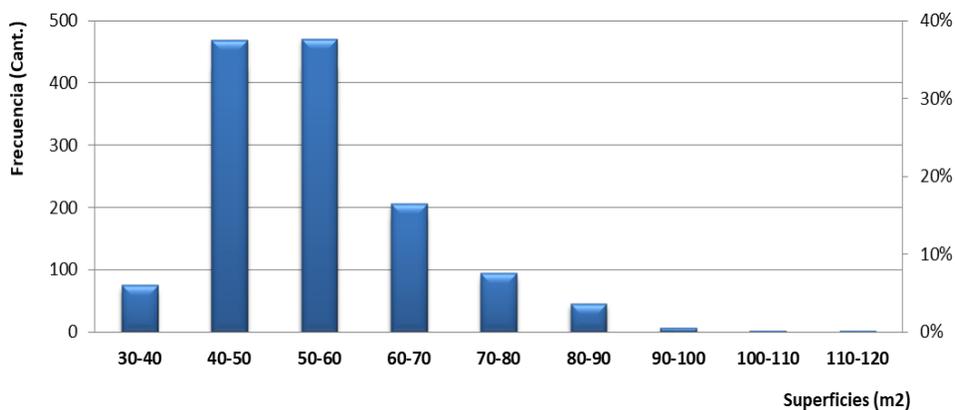


Figura 2.5. Distribución de condominios sociales por superficie. Fte.: Elaboración propia

En cuanto a la caracterización de la escala de conjunto, que considera aspectos arquitectónicos y morfológicos, se observa que el 74% de los condominios sociales a nivel nacional, cuenta con tres a cuatro pisos.

Así mismo de las 10 clasificaciones tipológicas de sistemas de agrupamiento planteadas por el MINVU (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014), los más frecuentes corresponden al tipo A1 (Bloque de acceso vertical interno, ver Figura 2.6) para sistemas de agrupamiento simple con un 25% del total nacional y B1 (Bloques paralelos compactos, ver Figura 2.7) para agrupamiento compuesto y que juntos consolidan aproximadamente 137.761 viviendas, 40% del parque nacional.

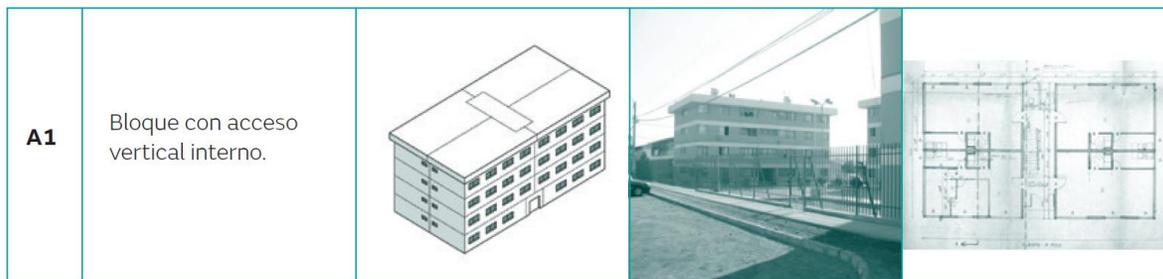


Figura 2.6. Tipología representativa para sistemas de agrupamiento simple (A1)
 Fte.:(Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014)

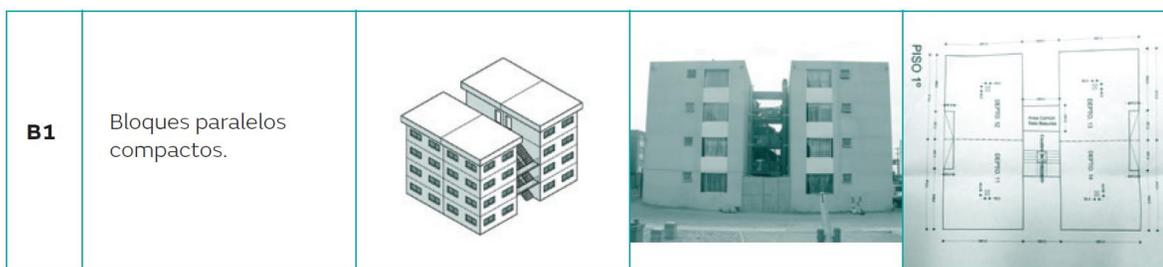


Figura 2.7. Tipología representativa para sistemas de agrupamiento compuesto (B1).
 Fte.: (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014)

Se considera además, que el 44% de los sistemas de agregación de bloques de departamentos sociales del país (que reflejan la capacidad que tienen los sistemas de agrupamiento para fusionarse entre sí) no presentan fusión estructural (ver Figura 2.8)

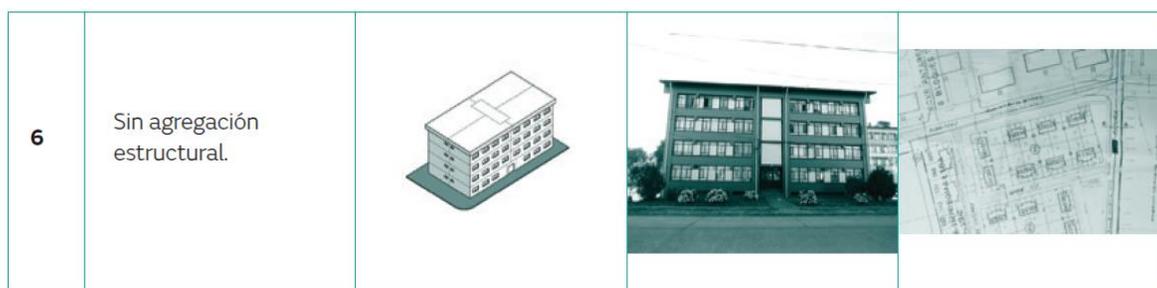


Figura 2.8. Tipología representativa para sistemas de agregación sin fusión estructural
 Fte.:(Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014).

Respecto de la disposición de ventanas se puede apreciar que existen cuatro clases de patrones típicos característicos del parque habitacional: Tipo A, con dos o tres fachadas adyacentes con ventanas y las restantes son muros ciegos estructurales; Tipo B, con dos fachadas opuestas con ventanas y dos fachadas con muro ciego (Figura 2.9); Tipo C, con una fachada con ventanas y tres adyacentes con muro ciego estructural y tipo D, en configuración mixta. De lo anterior el 44% de estas, son del tipo B.

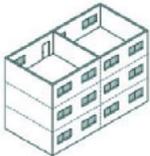
| | | | | |
|---|---------|---|--|---|
| 2 | Tipo B. | Dos fachadas opuestas con ventanas, dos fachadas opuestas con muro ciego estructural. |  |  |
|---|---------|---|--|---|

Figura 2.9. Tipología representativa para disposición de ventanas (B)
 Fte.:(Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014).

Por otro lado, se resalta que las viviendas de los niveles de ingresos más desfavorecidos están construidas con normas técnicas básicas, perteneciendo al tipo departamentos en bloques de mediana altura con un total de 344.402 viviendas (Secretaría Ejecutiva Desarrollo de Barrios-Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2014) y distribuidas según región, ciudad representativa y Normativa de Zonificación Climática Habitacional Chilena (INN-NCh1079.of2008 2008) en: región del BioBío, ciudad de Concepción, SL (Sur Litoral) con 26.043 (7,6%); región Metropolitana, ciudad de Santiago, CI (Central Interior), con 194.808 (56,6%) y región de Valparaíso, ciudad de Valparaíso, CL (Central Litoral), con 62.489 (18,1%). Así mismo, estos climas se pueden clasificar como templados, con subcategoría de mediterráneos según la clasificación de Köppen (Tesser y Rioseco 2019; Luebert, Pliscoff y Anwandter 2006).

Capítulo 3. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo empleada está basada en la utilizada en el desarrollo del Índice de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible (FPPRI) para la ciudad de Concepción, realizado por el equipo de investigadores de la Facultad de Construcción y Arquitectura de la Universidad del Bío-Bío el año 2017 y como parte del proyecto de investigación FONDECYT 3160806.

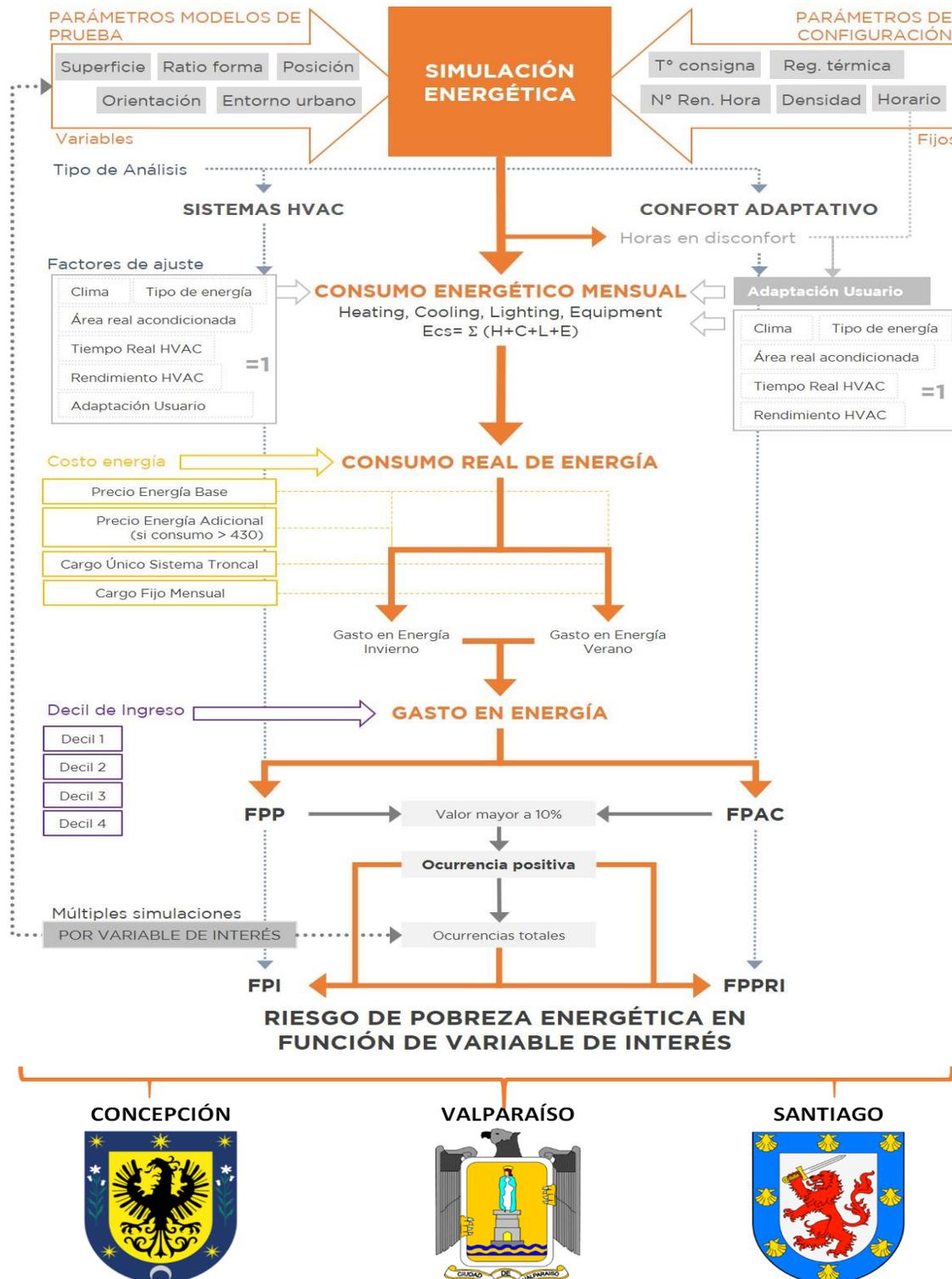
Este método está sustentado en general, en la utilización de un indicador de pobreza energética dinámico, que considera la construcción y simulación energética de modelos de prueba, mediante los parámetros: “Tamaño de Planta, Orientación, Ratio de Forma, Obstáculos Remotos (sombras), Adaptación Adaptativa al uso y Clima”. Estos permiten obtener finalmente el Consumo de Energía de Simulación el que posteriormente es corregido por factores ocupacionales y cruzado con los ingresos familiares de los cuatro deciles más vulnerables en tres ciudades representativas del País.

Como plantea Rubio-Bellido et al. (2016), es posible estudiar la influencia de múltiples variables en el desempeño energético de un edificio mediante simulación energética, permitiendo optimizar la forma de la edificación para reducir al máximo el consumo de energía. En ese sentido, estas técnicas pueden ser empleadas para evaluar el riesgo de que una familia sufra pobreza energética en función de parámetros arquitectónicos y con ello identificar factores de influencia que permitan reducir la PE en el futuro (Pérez-Fargallo et al. 2017; Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Javier Guevara-García, et al. 2018).

Para realizar dicha previsión es necesario ajustar el comportamiento energético del edificio a la realidad de las familias que lo van a ocupar, por tanto, es necesario el ajuste de las temperaturas de confort de los usuarios (Pérez-Fargallo et al. 2017; Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Javier Guevara-García, et al. 2018), consumos empleados en iluminación, uso de equipos y horarios de ocupación, entre otros; así como tener en cuenta la capacidad económica de la familia y la evolución de los precios de la energía y los combustibles (Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Javier Guevara-García, et al. 2018).

La metodología de trabajo se presenta a continuación en el esquema de la

Figura 3.1:



*Figura 3.1. Esquema metodología cálculo FPPRI-FPI
Elaboración propia*

Según lo presentado, la metodología implementada es experimental a través de simulación. En función de los objetivos planteados, la investigación se desarrolló en general, en base a las siguientes actividades:

1. Diseño de modelos de prueba para el proceso de simulación energética, estableciendo condiciones de borde, configuración de parámetros y variables de contexto de los diferentes casos estudiados.
2. Simulación bajo los diferentes contextos de emplazamiento y parámetros establecidos para los distintos modelos combinatorios de prueba, obteniendo la demanda, consumo y gasto energético de simulación con sistemas HVAC y confort adaptativo.
3. Diseño e implementación de métodos de vaciado, control y verificación de salidas de datos y resultados de los procesos de simulación, corrigiendo distorsiones, puntos anómalos, repetidos y fuera de rango.
4. Diseño e implementación de algoritmos matemáticos para calcular el consumo real de energía promedio, gasto mensual promedio, factor de confort adaptativo, Índices de Riesgo de Pobreza de Combustible medio HVAC (FPP) y confort adaptativo (FPAC).
5. Cálculo de los índices de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible HVAC (FPI) y confort adaptativo (FPPRI), aplicando probabilidad de “Laplace”, y dados por el número de ocurrencias favorables de los eventos FPP-FPAC, en función de una determinada variable analizada y del número de ocurrencias potenciales.
6. Construcción de métodos de análisis, validación y comparación de resultados determinando para los 4 deciles más vulnerables, los valores máximos, mínimos promedios, varianzas, tendencias, porcentajes de reducción, en los distintos grados de riesgo FPI-FPPRI y casos por ciudades analizadas.

3.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS DE PRUEBA

En función del panorama de la vivienda social en Chile, presentado en el marco teórico, los modelos de prueba a ensayar y que tienen características consideradas como representativas de las viviendas sociales en Chile, son los siguientes:

1. Ubicadas en tres ciudades representativas del país: Concepción, Santiago y Valparaíso.
2. Viviendas sociales tipo departamentos en condominio social en altura.
3. Superficies de 40 m², 55 m² y 70 m².
4. Tres niveles por Bloque de edificio.
5. Sistemas de agrupamiento mixto tipo A1-B1.
6. Sin agregación estructural.
7. Distribución de ventanas tipo B.

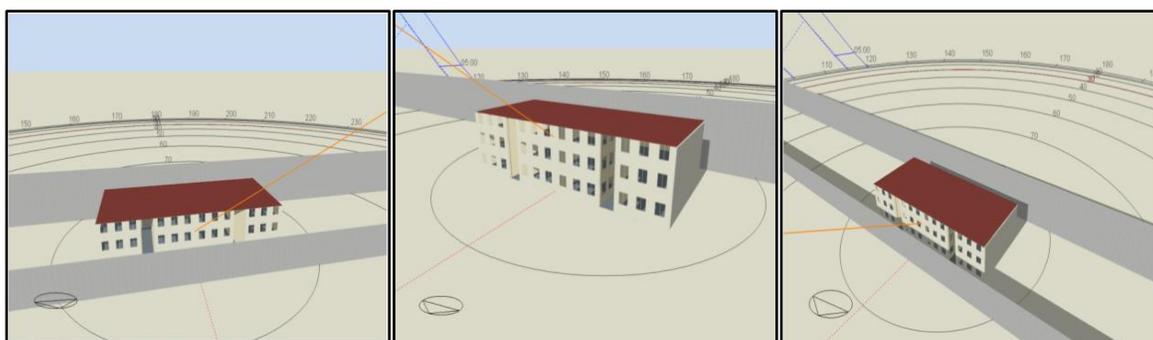


Figura 3.2. Prototipo de simulación empleado. Fte.: Elaboración propia en Design Builder V5.4

Considerando lo anterior, se construyeron diferentes modelos de prueba para la simulación energética en función de las combinaciones de la superficie de planta, la posición de la vivienda dentro del bloque de edificio, el ratio de forma, la orientación de la vivienda y las distintas combinaciones de distancias y alturas de los elementos de sombras proyectados sobre las viviendas. Los valores y límites de variación para cada parámetro establecido, se indican a continuación:

3.1.1. SUPERFICIE

Se consideran tres tamaños de superficie para la planta de cada departamento, con valores de 40, 55 y 70 m² y altura libre de 2,3 m. La media estadística entre 40 y 70 m² y que además, corresponde aproximadamente a la media nacional, es la vivienda de 55 m². Se utilizan los

modelos 40 y 70 m², como límites inferiores y superiores que servirán para evaluar la influencia de la superficie sobre la variable FPI y FPPRI.



Figura 3.3. Superficies de departamentos estudiadas
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. POSICIÓN DE LA VIVIENDA DENTRO DEL EDIFICIO

Con el fin de obtener resultados en términos de la posición de la vivienda dentro del edificio, se consideran tres niveles de altura y ocho departamentos por nivel. Por lo tanto, existen viviendas de esquina y centrales ubicadas además, en las plantas inferiores, intermedias y superiores.

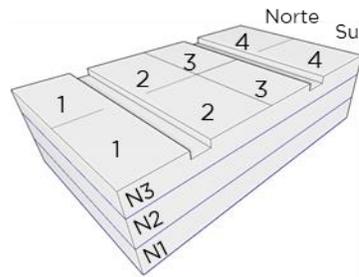


Figura 3.4. Posiciones de las viviendas estudiadas
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. RATIO DE FORMA

La influencia de la geometría del plano del piso se analiza como el Ratio de Forma (FR). Esta se define como la relación entre el largo y ancho del departamento, considerando tres valores de FR a saber: 1.6, 1.0 y 0.6



Figura 3.5. Ratios de forma de planta estudiados
Fuente: Elaboración propia basado en Pérez-Fargallo et al. (2017)

3.1.4. ORIENTACIÓN

Tomando como referencia un arco de 360°, en el sentido de las agujas del reloj, las siguientes orientaciones han sido establecidos como parámetros de simulación: N (0°), NE (45°), E (90°), SE (135°). Así mismo, como los edificios tienen una doble orientación, mediante la simulación de estos 4 casos, resultan otras 4 orientaciones en sentido opuesto, las que también son analizadas: S (180°), SO (215°), O (270°), NO (315°).

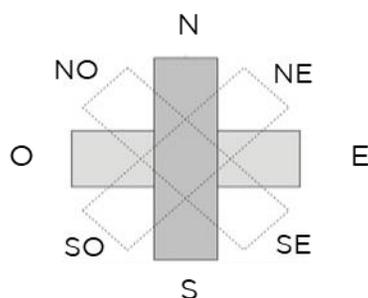


Figura 3.6. Orientaciones de la edificación estudiadas
Fuente: Elaboración propia basado en Pérez-Fargallo et al. (2017)

3.1.5. ENTORNO URBANO (SOMBRA POR OBSTÁCULOS REMOTOS)

Los obstáculos remotos y las sombras producidas por estos objetos son dispuestos “ex-profeso” en el modelo. Estos elementos, se calcularon previo análisis de los parámetros de orientación, teniendo ocho situaciones posibles y nueve combinaciones de elementos de sombra sobre el bloque de viviendas del edificio.

Los valores de distancia (D) y altura (H) que caracterizarán la posición y el tamaño del elemento de sombra respecto del bloque de viviendas; se determinaron a partir del ángulo solar promedio de las tres ciudades estudiadas para el solsticio de invierno (21 de junio). En conformidad a lo anterior, se definieron tres valores de H (4,0; 6,3 y 8,6 m), que en función de tres distancias D (3,0; 4,36 y 5,71 m) y la altura máxima solar del solsticio de invierno proyecten sombra en todo el vano de ventanas, la mitad de estas y/o permita la entrada de iluminación y energía solar completa en cada una de las viviendas de los tres niveles del bloque de edificios. Se considera que el valor mínimo de “D” es de 3 metros entre deslindes de edificios con fachadas con vanos y altura de edificación menor a 7 metros (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2018) en distanciamientos y ángulos de rasantes de 70° en todas las ciudades metropolitanas estudiadas.

En la Tabla 3.1 se presentan las distintas Combinaciones de Objetos Remotos (COR), con sus respectivas abreviaturas en los distintos niveles de configuración que son función de los parámetros distancia “D” y altura “H” al bloque de viviendas. Estos últimos serán utilizados en adelante, para simplificar la interpretación y análisis de los resultados obtenidos.

Tabla 3.1. Combinaciones de Objetos Remotos “COR” y abreviaturas utilizadas para los análisis
Fuente: Elaboración propia

| Parámetro / Abreviatura | COR-1 | COR-2 | COR-3 | COR-4 | COR-5 | COR-6 | COR-7 | COR-8 | COR-9 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Distancia “D”(m) | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 4,36 | 4,36 | 4,36 | 5,71 | 5,71 | 5,71 |
| Altura “H”(m) | 4,00 | 6,30 | 8,60 | 4,00 | 6,30 | 8,60 | 4,00 | 6,30 | 8,60 |

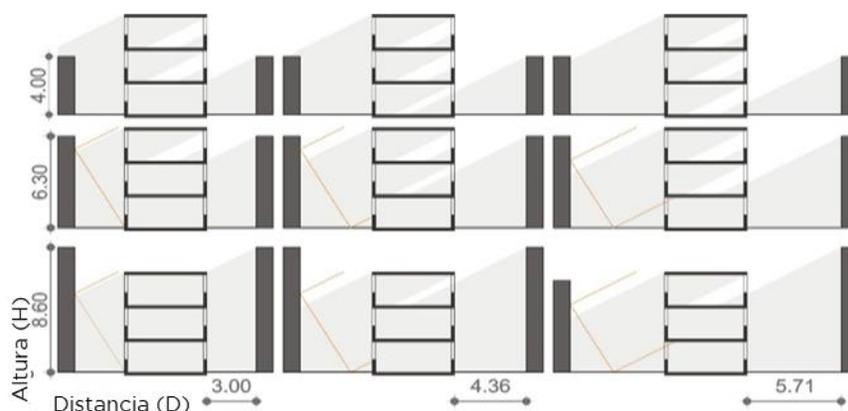


Figura 3.7. Combinaciones de entorno urbano estudiadas, en función de sombras generadas por obstáculos remotos.
Fuente: Elaboración propia basado en Pérez-Fargallo et al. (2017)

3.2. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN Y CONSIGNA EN SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La Tabla 3.2 presenta los parámetros de configuración y consigna consolidados, que fueron utilizados en todos los modelos de prueba durante el proceso de simulación energética. Las limitaciones de transmitancias máximas permitidas, en cada zona térmica, para complejos de cielos, muros y ventanas, son obtenidas conforme a la normativa de construcción aplicable de la Sección 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, OGUC, (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2018).

Además, los requerimientos de ventilación, hermeticidad al aire, temperaturas de consigna (para los sistemas HVAC), cargas térmicas de iluminación, equipos, ocupación, límite de transmitancias de piso sobre terreno; así como el porcentaje de cargas horarias a considerar para las cargas térmicas de la vivienda, valores de Iluminancia por ciudades, entre otros, se tomaron del Código

de Construcción Sustentable del Gobierno de Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2019).

Tabla 3.2. Parámetros de configuración y consigna proceso de simulación: Fte. Elaboración Propia

| PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN Y CONSIGNA PROCESO DE SIMULACIÓN SOFTWARE DesignBuilder v5.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|-----|-------------------------|--------------------|-----|-----|-------------------------|-----|-----------|---------|-------------|-----|---------------------|-----|-----|-------|-----|-----|
| CIUDAD-RT-ZC-ZT | CONCEPCIÓN-RT4-SL-E | | | | | | SANTIAGO-RT3-CI-D | | | | | | VALPARAÍSO-RT2-CL-C | | | | | |
| SUPERFICIE (m2) | 40 | | 55 | | 70 | | 40 | | 55 | | 70 | | 40 | | 55 | | 70 | |
| RATIO DE FORMA (FR) | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.0 | 1.6 |
| Densidad Habitacional (pp/m2) | 0,10 | | | 0,07 | | | 0,06 | | | 0,10 | | | 0,07 | | | 0,06 | | |
| Tº Consigna 1º Confort Mín. (°C) | 20 | | | 20 | | | 20 | | | 20 | | | 20 | | | 20 | | |
| Tº Consigna 2º Confort Mín. (°C) | 17 | | | 17 | | | 17 | | | 17 | | | 17 | | | 17 | | |
| Tº Consigna Confort Máxima (°C) | 27 | | | 27 | | | 27 | | | 28 | | | 28 | | | 28 | | |
| Aire Ext. Mín. x Persona (lt/s*pp) | 5 | | | 7 | | | 7 | | | 5 | | | 7 | | | 5 | | |
| Infiltración n50-Pa (Ach) | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 9 | | |
| Iluminancia Mín. 2% FLD (Lux) | 144 | | | 144 | | | 144 | | | 162 | | | 162 | | | 162 | | |
| VEEI (W/m2x100lux) | 10,13 | | | 7,37 | | | 5,79 | | | 9,00 | | | 6,55 | | | 9,00 | | |
| Misceláneos Equipos (W/m2) | 12,50 | | | 9,43 | | | 7,68 | | | 12,50 | | | 9,43 | | | 12,50 | | |
| S. Vent/ S.Muro-total (%) | 14,4% | | | 14,4% | | | 14,4% | | | 14,4% | | | 14,4% | | | 14,4% | | |
| U Muros Perim. (W/m2K) | 1,70 | | | 1,70 | | | 1,70 | | | 1,90 | | | 1,90 | | | 3,00 | | |
| U Techo (W/m2K) | 0,38 | | | 0,38 | | | 0,38 | | | 0,47 | | | 0,47 | | | 0,60 | | |
| U Acrist. (W/m2K) | 5,80 | | | 5,80 | | | 5,80 | | | 5,80 | | | 5,80 | | | 5,80 | | |
| U Suelo Radier (W/m2K) | 2,20 | | | 2,20 | | | 2,20 | | | 2,20 | | | 2,20 | | | 2,20 | | |
| U Losa típica (W/m2K) | 2,35 | | | 2,35 | | | 2,35 | | | 2,35 | | | 2,35 | | | 2,35 | | |
| U Particiones típico (W/m2K) | 2,52 | | | 2,52 | | | 2,52 | | | 2,52 | | | 2,52 | | | 2,52 | | |
| Densidad Potencia Iluminación (W/m2) | Comedor | | | Cocina | | | Dormitorio | | | Pasillo | | | Baño | | | | | |
| | 23 | | | 13 | | | 12 | | | 5 | | | 12 | | | | | |
| Cargas Térmicas Asociadas a Equipos | Refrigerador (W/Vivienda) | | | Televisor (W/40m2) | | | Computador (W/Vivienda) | | | | | | | | | | | |
| | 250 | | | 50 | | | 200 | | | | | | | | | | | |
| Número de Bombillas por Vivienda S/NSE | Eficientes | | Corriente Potencia <60W | | Led | | Corriente Potencia >60W | | Dicroicos | | Fuorescente | | | | | | | |
| | 4,2 | | 3,6 | | 0,2 | | 3,0 | | 0,3 | | 1,0 | | | | | | | |
| Carga Térmica Asociadas a la Ocupación | Potencia por Persona (W /P.P.) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Iluminancia por Ciudades (Lux) | Overtcast-sky | | | | | | Overtcast-sky | | | | | | Overtcast-sky | | | | | |
| | 7200 | | | | | | 8100 | | | | | | 8100 | | | | | |

En el mismo orden de ideas, el número de bombillas eléctricas por viviendas según el Nivel Socio Económico (NSE) equivalente a los cuatro deciles de ingreso más vulnerables de nuestro país, se utilizaron para determinar las cargas térmicas y el Valor de Eficiencia Energética de Iluminación (VEEI) de cada grupo de viviendas por ciudad. Estos datos se obtuvieron de los resultados del “Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial” (Corporacion de Desarrollo Tecnológico 2010).

Para la aplicación de las cargas térmicas asociadas a la ocupación, iluminación y artefactos o equipos, se ha utilizado el esquema de uso de los hogares y los porcentajes de carga horarias para las cargas térmicas de la vivienda del Código de Construcción Sustentable (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2019) y que son representadas por la Figura 3.8.

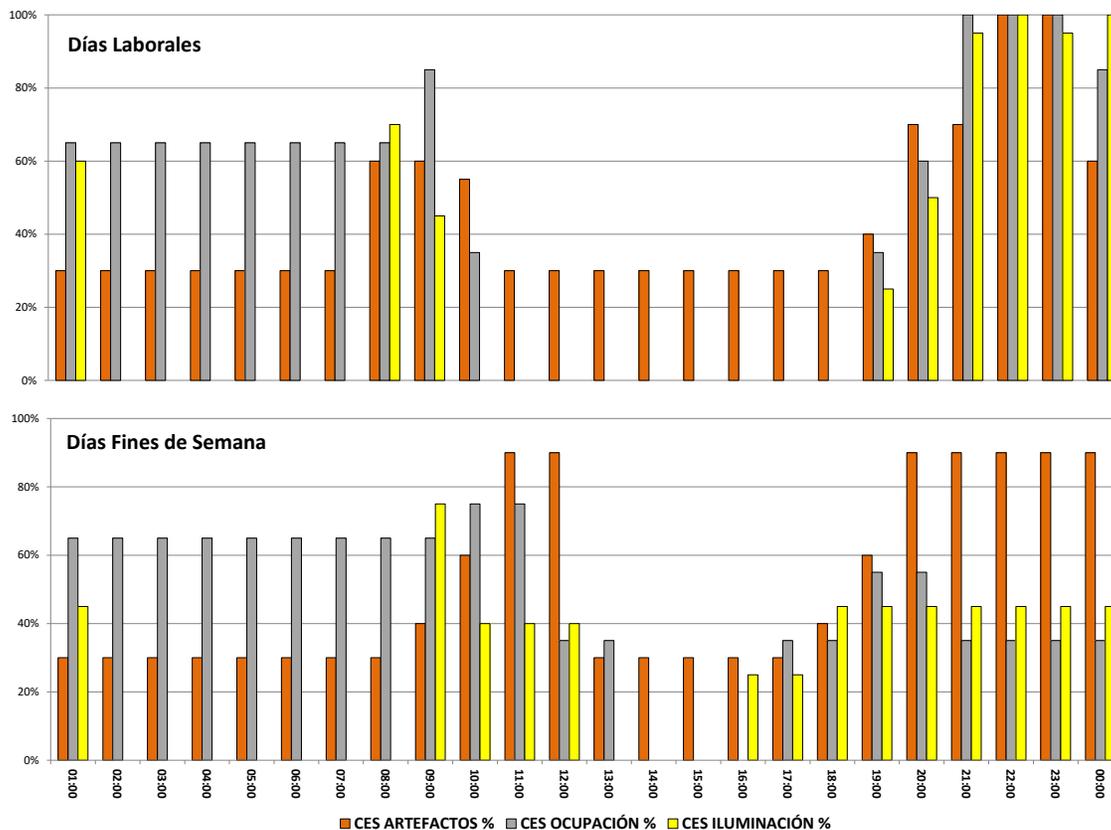


Figura 3.8. Horario de usos de los hogares y porcentaje de carga por tipo de días de la semana. Fuente: Elaboración propia

3.3. COMBINACIÓN DE VARIABLES Y SIMULACIONES DE RENDIMIENTO NUMÉRICO

Se realizaron un total de 1944 simulaciones dinámicas, considerando tres ciudades del país, analizando un total de 93.312 casos de estudio mediante software de simulación energética DesingBuilder-V5.4. Estas simulaciones se basan en la combinación de los parámetros descritos anteriormente, con el objetivo de evaluar principalmente tres grupos de datos.

En primer lugar, el consumo energético de las viviendas conforme al “Código de Construcción Sustentable” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] 2019) con temperaturas de calentamiento y enfriamiento asignadas a los sistemas HVAC, según Tabla 3.2, (972 simulaciones) considerado que los sistemas funcionan el 100% del tiempo cuando la temperatura de operación interior está fuera de los límites de control establecidos. Según lo descrito y justificado en los párrafos anteriores, se han considerado además, equipos de calefacción por electricidad en todas las ciudades, con rendimientos del 100% en todos ellos.

En segundo término, la cantidad de horas al año en que el edificio se encuentra dentro de los límites de confort adaptativo (European Committee for Standardization-CEN 2007) en oscilación libre, es decir, **sin sistemas HVAC** (972 simulaciones). Esto con el objetivo de conocer el tiempo en que las personas se adaptan a las condiciones de clima interior.

Finalmente, a través de la combinación de los parámetros de las simulaciones mencionadas con un régimen programado, interesa conocer el requerimiento real de los sistemas HVAC cuando las viviendas están fuera de los límites de confort adaptativo. Luego el consumo de energía se estima utilizando este conjunto de datos finales, teniendo en cuenta la adaptabilidad del usuario.

3.4. BASE DE DATOS PARA NIVELES DE INGRESOS

La estimación del riesgo de caer en pobreza energética FPPRI, está relacionada con los factores definidos en la ecuación (14). Debido a esto, para el cálculo, se han utilizado los cuatro primeros deciles de ingreso, que representan el 40% de la población de chilenos más vulnerables (Ministerio de Desarrollo Social CASEN 2015)

Tabla 3.3. Valores representativos de deciles por hogares de 3,6 habitantes según encuesta CASEN. Fuente: Elaboración Propia

| Decil | Deciles Representativos (\$/Per.Cap.) | | 3,6 ^(*) Habitantes por vivienda (\$/Hogar) | |
|-------|--|-----------|---|-------------------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. ¹ |
| D1 | \$0 | \$58.146 | \$0 | \$232.584 |
| D2 | \$58.150 | \$88.646 | \$209.340 | \$354.584 |
| D3 | \$88.667 | \$116.805 | \$319.201 | \$467.220 |
| D4 | \$116.806 | \$146.042 | \$420.502 | \$584.168 |

1: Valor Máximo, corresponde al valor de corte entre deciles.

(*): Valor 3,6 habitantes se aproxima a 4.

La Tabla 3.3, presenta los valores representativos de las cuatro primeros deciles socioeconómicos, para un hogar promedio de 3,6 habitantes en Chile según la encuesta CASEN 2015 (Ministerio de Desarrollo Social CASEN 2015). Dichos valores representan el ingreso total del hogar, dividido entre el número total de habitantes. Teniendo en cuenta la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional Chilena (CASEN) se observa que el número promedio de integrantes del hogar en situación de pobreza por ingresos es de 3,6 (habitantes/hogar). Sin embargo, este valor

se aproxima a 4 en los cálculos, para efectos de considerar una vivienda social con un número medio de habitantes probables (Social 2016).

3.5. PRECIOS DE ENERGÍA

Los precios de la energía se han obtenido a partir de las tarifas de suministro eléctrico de las empresas distribuidoras de las tres zonas climáticas y ciudades consideradas (CGE Distribución-BioBio 2017; Chilquinta Energía-Valparaíso 2017; Enel-Santiago 2017). Las tarifas utilizadas, son las informadas por las compañías de electricidad según los algoritmos tarifarios establecidas por Decreto N°11 del Ministerio de Economía. Estos valores para el mes de Mayo de 2017 y según los precios fijados para clientes residenciales (Ministerio de Energía 2013) en baja tensión 1 (BT1) reportan la siguiente información que se observa en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Valores de tarificación eléctrica BT1 por ciudades, para mayo de 2017. Fuente: Elaboración Propia basado en tarifas de empresas distribuidoras ENEL-CGED-CHILQUINTA.

| TARIFA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN RESIDENCIAL-BT1 | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Nombre Región | Ciudad | Zonas Térmicas OGUC | Zona Climática Nch1079 | Sector/ Área | Empresa Distribuidora | Cargo Fijo (\$/mes) | Energía Base (\$/Kwh) | Energía Adicional Invierno (\$/Kwh) | Cargo Único por uso Sistema Troncal (\$/Kwh) | Gasto Energía para 1 KWh Mes Normal | Gasto Energía para 1 KWh Mes Invierno | % Respecto Mayor Gasto Normal | % Respecto Mayor Gasto Invierno |
| Metropolitana | Santiago | 3 | CI | Área 1A (a) | ENEL | 751,45 | 109,957 | 144,35 | 1,479 | 863 | 1007 | 39,6% | 38,7% |
| Valparaíso | Valparaíso | 2 | CL | Plan-ZS3 | CHILQUINTA | 1275,039 | 151,575 | 214,894 | 1,479 | 1428 | 1643 | 100,0% | 100,0% |
| Bio-Bio | Concepción | 4 | SL | SICS-1-A- Aéreo | CGED | 847,07 | 126,405 | 166,802 | 1,479 | 975 | 1142 | 31,7% | 30,5% |

Los cargos y precios asociados a estas tarifas en BT1 son los siguientes:

- Cargo Fijo Mensual (CF):** Facturado todos los meses, independiente del consumo.
- Cargo por Energía Base:** Se obtiene multiplicando la energía mensual consumida (kWh/mes), por el Precio de la Energía Base (P_{EB}) en \$/kWh.
- Cargo por Energía Adicional de Invierno:** Se aplica entre los meses de abril a septiembre, siempre y cuando el consumo sea superior a 430 kWh y adicionalmente, superior al límite de invierno; y se calcula multiplicando los kWh/mes que exceden el límite de invierno, por el Precio Energía Adicional de Invierno (P_{EI}) en \$/kWh.
- Cargo Único por Uso Sistema Troncal (C_{ST}):** Corresponde al costo por el uso de las instalaciones del Sistema de Transmisión Troncal, y se calcula multiplicando los kWh/mes consumidos en el período de facturación, por el precio fijado por la autoridad.

Capítulo 4. RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados de las simulaciones y el análisis de la influencia de cada factor en el riesgo de pobreza energética, para cada ciudad. El análisis de riesgo se estructura en función de cada uno de los factores estudiados: relación de forma, posición, orientación y entorno urbano. Dentro de cada uno de estos factores, se discrimina por superficie de la vivienda y se compara en simultáneo el desempeño por ciudad y por indicador de riesgo FPI y FPPRI.

4.1. MÉTRICAS GENERALES DESEMPEÑO ENERGÉTICO

A continuación se presenta un análisis general de las métricas del desempeño energético obtenidas directamente del proceso de simulación y también mediante la construcción de algoritmos matemáticos adecuados.

Al realizar estos análisis, se obtienen los indicadores que modelan el comportamiento general entre ciudades para los distintos tamaños de superficie consideradas y que permiten además, comparar las siguientes variables de desempeño:

- a) Horas ocupadas en discomfort (H_{od}) en horas x10,
- e) Demanda energía anual (E_{DA}) en kWh/m²-año,
- b) Consumo de energía Cooling (EC_C) en kWh/año,
- c) Consumo de energía Heating (EC_H) en kWh/año,
- d) Consumo de energía en iluminación y equipos (EC_{I+E}) en kWh/año,
- f) Consumo de energía promedio mensual HVAC (EC_{HVAC}) en kWh/mes,
- g) Consumo de energía promedio mensual en confort adaptativo (EC_{AC}) en kWh/mes,
- h) Gasto de energía promedio mensual HVAC (EE_{HVAC}) en \$/mes,
- i) Gasto de energía promedio mensual en confort adaptativo (EE_{AC}) en \$/mes.

Estos indicadores se consolidan por tamaño de vivienda y ciudad, obteniendo los mayores máximos y los menores mínimos por cada FR analizado (0.6-1.0-1.6), los que representan además, la operación de la vivienda en los meses de mayor y menor consumo de energía. Así mismo, se obtienen los resultados y valores representativos para la media y la desviación estándar, promediando las medias parciales de cada relación de forma.

A continuación, se resumen los resultados comparativos en las diferentes ciudades por tamaño de viviendas, ya sea que operen con sistemas HVAC o mediante regulación adaptativa. La Figura 4.1 corresponde a 40 m2, Figura 4.2 a 55 m2 y Figura 4.3 a 70 m2.

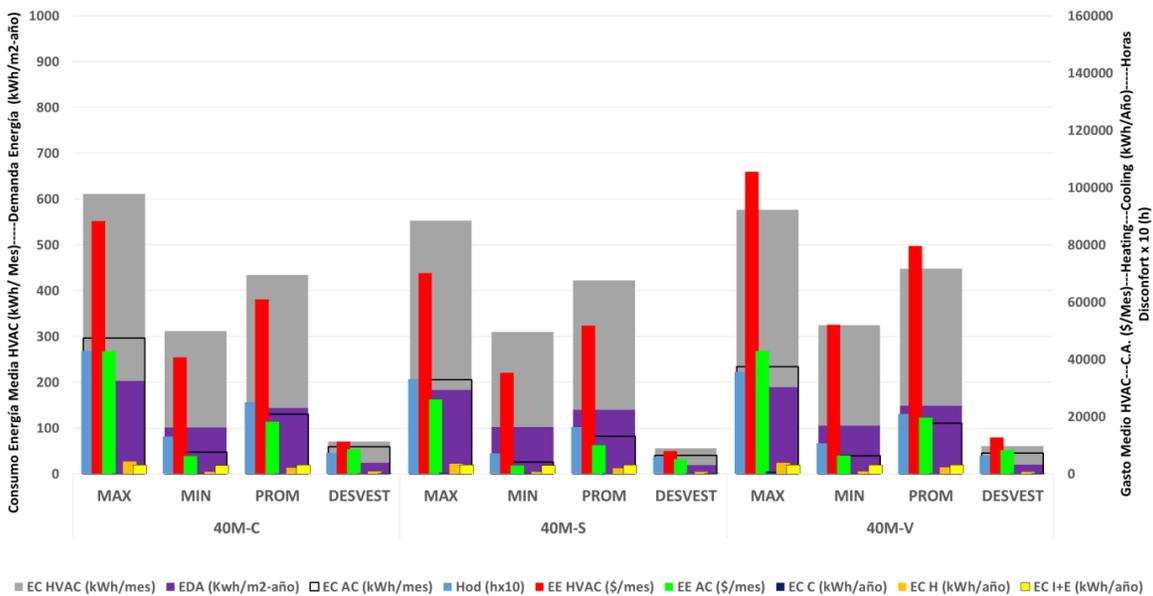


Figura 4.1. Comparación de métricas de desempeño energético en 40 m2 por Ciudad. C: Concepción, S: Santiago, V: Valparaíso; Horas Ocupadas en Discomfort (Hod) en (h x10); Consumo de Energía Cooling (EC_C) en (kWh/año); Consumo de Energía Heating (EC_H) en (kWh/año); Consumo de Energía Iluminación y Equipos (EC_{I+E}) en (kWh/año); Demanda Energía Anual (E_{DA}) en (kWh/m2-año); Consumo de Energía Promedio Mensual HVAC (EC_{HVAC}) en (kWh/mes); Consumo de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EC_{AC}) en (kWh/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual HVAC (EE_{HVAC}) en (\$/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EE_{AC}) en (\$/mes). Fuente: Elaboración propia.

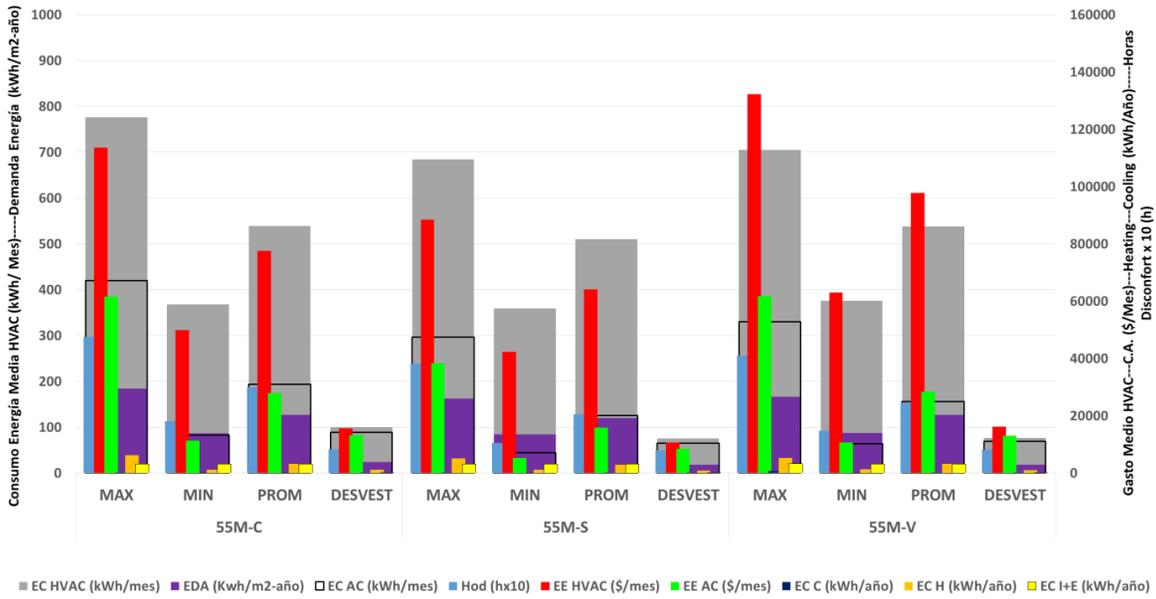


Figura 4.2. Comparación de métricas de desempeño energético en 55 m2 por Ciudad. C: Concepción, S: Santiago, V: Valparaíso; Horas Ocupadas en Disconfort (Hod) en (h x10); Consumo de Energía Cooling (EC_C) en (kWh/año); Consumo de Energía Heating (EC_H) en (kWh/año); Consumo de Energía Iluminación y Equipos (EC_{I+E}) en (kWh/año); Demanda Energía Anual (E_{DA}) en (kWh/m2-año); Consumo de Energía Promedio Mensual HVAC (EC_{HVAC}) en (kWh/mes); Consumo de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EC_{AC}) en (kWh/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual HVAC (EE_{HVAC}) en (\$/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EE_{AC}) en (\$/mes). Fuente: Elaboración propia.

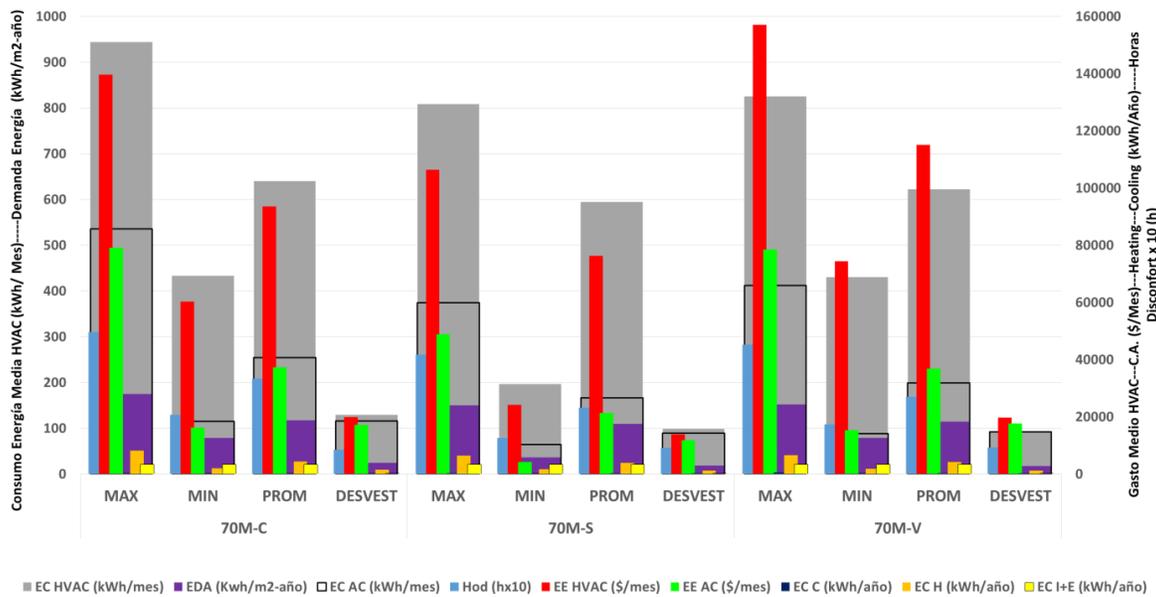


Figura 4.3. Comparación de métricas de desempeño energético en 70 m2 por Ciudad. C: Concepción, S: Santiago, V: Valparaíso; Horas Ocupadas en Disconfort (Hod) en (h x10); Consumo de Energía Cooling (EC_C) en (kWh/año); Consumo de Energía Heating (EC_H) en (kWh/año); Consumo de Energía Iluminación y Equipos (EC_{I+E}) en (kWh/año); Demanda Energía Anual (E_{DA}) en (kWh/m2-año); Consumo de Energía Promedio Mensual HVAC (EC_{HVAC}) en (kWh/mes); Consumo de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EC_{AC}) en (kWh/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual HVAC (EE_{HVAC}) en (\$/mes); Gasto de Energía Promedio Mensual Considerando Confort Adaptativo (EE_{AC}) en (\$/mes). Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. HORAS OCUPADAS EN DISCONFORT (H_{od})

En general las H_{od} y su desviación estándar aumentan al incrementar el tamaño de las viviendas en todas las ciudades. También al disminuir el FR, excepto en Valparaíso en 40m².

El mayor aumento de H_{od} promedio al cambiar de una vivienda de menor a otra de mayor tamaño, se produce en Santiago de 40 a 55m² con 25,8% y el menor aumento de 9,8%, en Valparaíso al pasar de 55 a 70m².

El porcentaje de aumento en Concepción, por su lado, queda siempre comprendido entre ambas ciudades. Sin embargo, al crecer el tamaño de las viviendas, esta diferencia entre esta última ciudad y Valparaíso, se hace despreciable.

La mayor dispersión de la media, expresada en unidades de desviación estándar se produce en 40m² en Santiago con 33,3%; disminuyendo 17,2% respecto de Valparaíso y 63% en Concepción.

En 70m² la mayor dispersión se produce en Valparaíso, disminuyendo 44,5% respecto de la misma ciudad en 55m². Por otro lado, la menor dispersión se produce en Concepción, disminuyendo además, 78,7% respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En otro sentido al comparar las H_{od} entre ciudades para un mismo tamaño de vivienda tomando como referencia la ciudad de Concepción; se observa que en todos los casos disminuyen los promedios y la dispersión respecto de esta última; excepto en 70m² donde solo la dispersión aumenta.

Luego la mayor reducción de H_{od} promedio se produce siempre en Santiago, en todos los tamaños, con un máximo de 35,5% y un mínimo de 16,5% en Valparaíso en 40m². Sin embargo, el porcentaje de reducción de H_{od} disminuye al aumentar el tamaño en Santiago y al contrario, aumenta en Valparaíso.

Respecto de la dispersión de la media, se observa que la mayor reducción también se presenta en Santiago con 19,1% en 40m² y mínimo de 2,8% en Valparaíso en 55m². Por otro lado, el mayor aumento de la dispersión ocurre en esta última ciudad con 9% pero en 70m².

En viviendas de 40m² en la ciudad de Concepción, se observa que las horas en discomfort en todos los FRs, pueden fluctuar entre 4283 y 1309 (h) con media de 2508 y desviación estándar de 734 (h).

Santiago por su parte, entre 3306 y 712 (h) con 35,0% de reducción en las H_{od} promedio y 19,1% en la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 3558 y 1060 (h) y reducción de 16,5% en la media y 14% en la desviación estándar respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, las H_{od} fluctúan entre 4743 y 1807 (h) con media de 2999 y desviación estándar de 828 (h). Aumentando a su vez el promedio de horas en 19,6% y 12,7% la desviación estándar, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede variar entre 3820 y 1049 (h) con una reducción del promedio y desviación estándar respecto de Concepción de 31,6% y 4,4% respectivamente. Por su lado, el promedio de H_{od} aumenta 25,8% y la desviación estándar 33,3%.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 4093 y 1483 (h) y reducciones en la media y desviación estándar respecto de Concepción de 18,0% y 2,8% respectivamente. Así mismo, el promedio de H_{od} aumenta 17,4% y la desviación estándar 27,6%.

Finalmente en 70m² en Concepción, las H_{od} oscilan entre 4969 y 2071 (h) con media de 3324 y desviación estándar de 850 (h). Aumentando el promedio de horas 10,9% y la desviación estándar 2,7%, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede variar entre 4166 y 1258 (h) con una reducción en valor promedio de 30,1% y aumento en la desviación estándar de 6,9%, respecto de Concepción. Por su lado, el promedio de H_{od} aumenta 13,3% y la desviación estándar 14,8%.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 4513 y 1725 (h) y reducción de 18,8% en la media y aumento de 9% en la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el promedio de H_{od} aumenta 9,7% y la desviación estándar 15,2%.

4.1.2. CONSUMO DE ENERGÍA COOLING (EC_C)

En general, la cantidad de energía demandada de enfriamiento (kWh/año) aumenta al disminuir el tamaño de la vivienda y también al aumentar el FR en todos los casos.

En viviendas de 40m² en Concepción, el “Cooling” requerido en todos los FRs, puede fluctuar entre 36,2 y 0 (kWh/año) con media de 0,17 y desviación estándar de 1,2 (kWh/año).

Santiago por su parte, entre 439 y 0 (kWh/año) aumentando 70,7 veces el promedio y 35,3 la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones son mayores que los casos anteriores, y van desde 793,7 y 0 (kWh/año) aumentando 513,6 veces el promedio y 122,3 la desviación estándar respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que el consumo de energía de enfriamiento puede variar entre 2,5 a 0 (kWh/año) con media de 4 (Wh/año) y dispersión de 50 (Wh/año). Con una disminución EC_C promedio de 97,5 % y 95,9% en la dispersión, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre 216,2 y 0 (kWh/año) aumentando 400 veces el promedio y 172 la desviación estándar respecto de Concepción. Disminuyendo el consumo promedio 86,6% y 79,7% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones mayores entre 640,2 y 0 (kWh/año) aumentando 9425 veces el promedio y 1776 la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el EC_C disminuye en promedio 56,6% y 39,5 % en la dispersión.

Finalmente en 70m² en Concepción, no existe demanda de frío para este tamaño de vivienda.

En Santiago, sin embargo, el Cooling requerido, puede fluctuar entre 98,9 y 0 (kWh/año) con media de 0,2 y desviación estándar de 2,1 (kWh/año). Con una disminución promedio EC_C de 87,2% y 75,7% en la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Valparaíso se observan oscilaciones mayores que los casos anteriores, entre 549,5 y 0 (kWh/año) aumentando 87,5 veces la media y 26 la desviación estándar respecto de Santiago. Así mismo, el EC_C disminuye en promedio 53,6% y 38,5% en la dispersión.

4.1.3. CONSUMO DE ENERGÍA HEATING (EC_H)

En general el consumo de energía de calefacción (kWh/año) aumenta al aumentar el tamaño de la vivienda y el FR en todos los casos.

En viviendas de 40m² en Concepción, el “Heating” requerido para calefacción en todos los FRs, puede fluctuar entre 4292 y 639 (kWh/año) con media de 2146 y desviación estándar de 856 (kWh/año).

Santiago por su parte, entre 3585 y 619 (kWh/año) disminuyendo 7% la media y 19,8% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde 3838 y 785 (kWh/año) aumentando 6,5% la media y disminuyendo 14,2% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre 6151 a 1210 (kWh/año) con media de 3286 (kWh/año) y dispersión de 1205 (kWh/año). Así mismo, el EC_H promedio aumenta 53,1 % y 40,8 % la desviación estándar, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre 5053 y 1102 (kWh/año) disminuyendo 10,5% la media y 24,3 la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado el promedio EC_H aumenta 47,4% y 32,8% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 5275 y 1289 (kWh/año) disminuyendo 1,2% la media y 22,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo el promedio EC_H aumenta 42,1% y 26,9% la dispersión, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 8067 y 1884 (kWh/año) con media de 4391 y dispersión de 1554 (kWh/año). Aumentando a su vez el promedio EC_H en 33,6% y 28,9% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, el EC_H puede fluctuar entre 6433 y 1654 (kWh/año) disminuyendo en 11,7% la media y 26,2% la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado, el promedio de EC_H aumenta 31,7% y 25,7% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 6616 y 1839 (kWh/año) disminuyendo en 5,2% la media y 27,1% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el promedio de EC_H aumenta 28,1% y 21,7% la dispersión, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

4.1.4. CONSUMO DE ENERGÍA ILUMINACIÓN Y EQUIPOS (EC_{I+E})

En general, el consumo de energía promedio en iluminación y equipos (kWh/año) aumenta al aumentar el tamaño de la vivienda en todos los casos. Así mismo, el mínimo EC_{I+E} en todas las situaciones se presenta con FR1.6 en Concepción, al igual que Santiago en 70m². El máximo consumo ocurre siempre en Valparaíso en FR1.0., con una brecha despreciable entre ciudades.

En viviendas de 40m² en Concepción, el EC_{I+E} en todos los FRs, puede fluctuar entre 3102 a 3042 (kWh/año) con media de 3069 y desviación estándar de 11,3 (kWh/año).

Santiago por su parte, presenta al igual que Concepción, la misma media. Sin embargo la desviación estándar disminuye 1,5% respecto de esta ciudad.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde 3113 y 3072 (kWh/año) aumentando marginalmente 0,7% la media y disminuyendo 33,2% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre 3211 a 3159 (kWh/año) con media de 3181 (kWh/año) y dispersión de 9,6 (kWh/año). Así mismo, la EC_{I+E} promedio aumenta 3,7%; disminuyendo la desviación estándar en 15% respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre 3211 y 3160 (kWh/año) disminuyendo imperceptiblemente 0,04% la media y 2,4% la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado el promedio EC_{I+E} aumenta 3,7%, disminuyendo sin embargo, 15,8% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 3221 y 3185 (kWh/año) aumentando marginalmente 0,6% la media y disminuyendo 34,4 % la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo,

el promedio EC_{I+E} aumenta 3,6% y disminuye 16,5% la dispersión, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 3308 y 3261 (kWh/año) con media de 3283 y dispersión de 9,0 (kWh/año). Aumentando a su vez el promedio en 3,2% y disminuyendo 5,9% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, el EC_{I+E} puede fluctuar entre 3307 y 3261 (kWh/año) disminuyendo casi imperceptiblemente 0,01% la media y 2,3% la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado, el promedio aumenta 3,1% y disminuye 5,7% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 3316 y 3284 (kWh/año) aumentando 0,5% la media y disminuyendo 33,3% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el promedio EC_{I+E} aumenta 3,1% y disminuye 4,3% la dispersión, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

4.1.5. DEMANDA DE ENERGÍA ANUAL (E_{DA})

En general la demanda de energía (kWh/m²-año), considera la sumatoria de los consumos parciales “Heating +Cooling + Iluminación + Equipos” en todos los casos. Se observa además, que la E_{DA} aumenta al disminuir el tamaño de vivienda y también al aumentar el FR en todas las situaciones.

En viviendas de 40m² en Concepción, la demanda de energía en todos los FRs, puede fluctuar entre 203 y 101 (kWh/m²-año) con media de 143 y desviación estándar de 24 (kWh/m²-año).

Santiago por su parte, entre 183 y 102 (kWh/m²-año) disminuyendo 2,4% la media y 20,8% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde 189 y 105 (kWh/m²-año) aumentando 3,9% la media y disminuyendo 15,5% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que la E_{DA} puede variar entre 184 a 86 (kWh/m²-año) con media de 127 y dispersión de 24 (kWh/m²-año). Disminuyendo 11,1% el promedio y aumentando 0,5% la dispersión respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, entre 163 y 84 (kWh/m²-año) disminuyendo 5,4% la media y 23,9% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, la E_{DA} promedio disminuye 13,8% y 3,4% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 166 y 88 (kWh/m²-año) disminuyendo 0,3 % la media y 23,3 % la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado, la E_{DA} promedio disminuye 14,7% y 8,7% la dispersión, con respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 175 y 79 (kWh/m²-año) con media de 118 y dispersión de 24 (kWh/m²-año). Disminuyendo a su vez la E_{DA} promedio 7,7% y aumentando 0,2% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, puede fluctuar entre 149 y 36 (kWh/m²-año) disminuyendo en 7,1% la media y 23,3% la desviación estándar respecto de Concepción. Por su lado, la E_{DA} promedio disminuye 9,3% y aumenta 1,0% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 151 y 78 (kWh/m²-año) disminuyendo en 3,1% la media y 27,5% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, la E_{DA} promedio disminuye 10,2% y 5,2% la dispersión, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

4.1.6. CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL HVAC (EC_{HVAC})

El consumo medio de energía mensual (kWh/mes) considerando sistemas HVAC, aumenta al aumentar el tamaño de vivienda y también al aumentar el FR en todos los casos.

En viviendas de 40m² en Concepción, el consumo medio de energía mensual en todos los FRs, puede fluctuar entre 611 y 312 (kWh/mes) con media de 435 y desviación estándar de 70 (kWh/mes).

Santiago por su parte, entre 553 y 310 (kWh/mes) disminuyendo 2,9% la media y 20,2% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde 576 y 325 (kWh/mes) aumentando 3,1% la media y disminuyendo 14,4% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre 776 a 368 (kWh/mes) con media de 539 y dispersión de 100 (kWh/mes). Así mismo, el EC_{HVAC} aumenta 24,0% y 41,8% la desviación estándar respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre 685 y 359 (kWh/mes) disminuyendo 5,3% la media y 24,6 la desviación estándar respecto de Concepción. Por otro lado el EC_{HVAC} aumenta 20,9% y 33,9% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 705 y 376 (kWh/mes) disminuyendo 0,3 % la media y 22,9 % la desviación estándar respecto de Concepción. Aumentando el EC_{HVAC} 19,9% y 27,6% la dispersión, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 944 y 433 (kWh/mes) con media de 639 y dispersión de 129 (kWh/mes). Aumentando el EC_{HVAC} 18,6% y 29,2% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, puede fluctuar entre 808 y 196 (kWh/mes) disminuyendo en 7,1% la media y 23,6% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el EC_{HVAC} aumenta 16,4% y 30,9% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 825 y 430 (kWh/mes) disminuyendo en 2,8% la media y 27,2% la desviación estándar respecto de Concepción. Por último, el EC_{HVAC} aumenta 15,7% y 22,0% la dispersión, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

4.1.7. CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL EN CONFORT ADAPTATIVO (EC_{AC})

En general el consumo medio de energía mensual considerando confort adaptativo, aumenta al aumentar el tamaño de la vivienda en todas las situaciones. Así mismo, al aumentar el FR, también aumenta el consumo en todas las ciudades, siendo siempre mayor en Concepción con FR1.6 en todos los tamaños y menor en Santiago en 40m² con FR1.0; en 55m² con FR1.6 y 70m² con FR1.6 y FR1.0.

En viviendas de 40m² en Concepción, el consumo medio de energía mensual en confort adaptativo en todos los FRs, puede fluctuar entre 296 y 47 (kWh/mes) con media de 130 y desviación estándar de 59 (kWh/mes).

Santiago por su parte, entre 206 y 25 (kWh/mes) disminuyendo 37,0% la media y 32,3% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde 234 a 39 (kWh/mes) disminuyendo 15% la media y 22,8% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre 420 a 83 (kWh/mes) con media de 193 y dispersión de 89 (kWh/mes). Así mismo, el promedio de EC_{AC} aumenta 48,8% y 50,7% la desviación estándar respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre 296 y 44 (kWh/mes) disminuyendo 35,2% la media y 26,5% la desviación estándar respecto de Concepción. Por otro lado el promedio de EC_{AC} aumenta 53,0% y 63,6% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 329 y 64 (kWh/mes) disminuyendo 19,4% la media y 22,5% la desviación estándar respecto de Concepción. Además, la media y la dispersión del promedio de EC_{AC} aumenta 41,1% y 51,2% respectivamente, respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 535 y 114 (kWh/mes) con media de 254 y dispersión de 115 (kWh/mes). Aumentando la media y la desviación estándar del EC_{AC} en 31,5% y 30,0% respectivamente, y respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, el Consumo de Energía puede fluctuar entre 374 y 65 (kWh/mes) disminuyendo en 34,6% la media y 22,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el promedio de EC_{AC} aumenta en promedio 32,9% y 36,6% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre 412 y 88 (kWh/mes) disminuyendo en 22,0% la media y 20,3% la desviación estándar respecto de Concepción. Por último, el promedio de EC_{AC} aumenta 27,3% y 33,7% la dispersión, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

4.1.8. GASTO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL HVAC (EE_{HVAC})

En general, el gasto promedio mensual HVAC (\$/mes) aumenta al aumentar el tamaño de vivienda y también al aumentar el FR en todos los casos.

En viviendas de 40m² en Concepción, el gasto promedio mensual HVAC en todos los FRs, puede fluctuar entre \$88.268 y \$40.674 (\$/mes) con media de \$60.880 y desviación estándar de \$11.248 (\$/mes).

Santiago por su parte, puede variar entre \$70.118 y \$35.366 (\$/mes) disminuyendo 15,1% la media y 29,3% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde \$105.451 y \$52.091 (\$/mes) aumentando 30,8% la media y 12,4% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre \$113.647 y \$49.826 (\$/mes) con media de \$77.541 y desviación estándar de \$15.588 (\$/mes). Así mismo, el EE_{HVAC} aumenta 27,4% y 38,6% la desviación estándar respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre \$88.441 y \$42.234 (\$/mes) disminuyendo 17,3% la media y 31,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Por otro lado el EE_{HVAC} aumenta 24,0% y 34,0% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre \$132.199 y \$62.911 (\$/mes) aumentando 26% la media y 3,9% la desviación estándar respecto de Concepción. De igual modo, el EE_{HVAC} aumenta 22,7% y 28,1% la dispersión.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre \$139.537 y \$60.244 (\$/mes) con media de \$93.497 y dispersión de \$19.875 (\$/mes). Así mismo, el EE_{HVAC} aumenta 20,6% y 27,5% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, podría fluctuar entre \$106.392 y \$24.075 (\$/mes) disminuyendo en 18,5% la media y 30,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Por su parte, el EE_{HVAC} aumenta 18,8% y 29,4% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre \$157.015 y \$74.257 (\$/mes) aumentando 23,1% la media y disminuyendo 0,8% la desviación estándar respecto de Concepción. Finalmente, el EE_{HVAC} aumenta 17,8% y 21,7% la dispersión.

4.1.9. GASTO DE ENERGÍA PROMEDIO MENSUAL EN CONFORT ADAPTATIVO (EE_{AC})

El gasto promedio mensual considerando confort adaptativo (\$/mes), en general aumenta al aumentar el tamaño de vivienda y también al aumentar el FR en todos los casos.

En viviendas de 40m² en Concepción, el EE_{AC} en todos los FRs, puede fluctuar entre \$42.739 y \$6.168 (\$/mes) con media de \$18.303 y desviación estándar de \$8.667 (\$/mes).

Santiago por su parte, entre \$26.047 y \$2.872 (\$/mes) disminuyendo 44,9% la media y 41,3% la desviación estándar respecto de Concepción.

En Valparaíso, las fluctuaciones van desde \$42.830 y \$6.300 (\$/mes) aumentando 7,5% la media y disminuyendo 3,8% la dispersión respecto de Concepción.

En viviendas de 55m² en Concepción, se observa que puede variar entre \$61.533 y \$11.312 (\$/mes) con media de \$27.902 y desviación estándar de \$13.183 (\$/mes). Así mismo, el EE_{AC} aumenta 52,4% y 52,1% en la desviación estándar respecto de viviendas de 40m² en la misma ciudad.

Santiago por su parte, puede fluctuar entre \$38.250 y \$5.219 (\$/mes) disminuyendo 43,4% la media y 35,6 la desviación estándar respecto de Concepción. Por su parte, el EE_{AC} aumenta 56,8% y 66,9% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre \$61.761 y \$10.650 (\$/mes) aumentando 1,9% la media y disminuyendo 1,7 % la desviación estándar respecto de Concepción. De igual modo, el promedio del EE_{AC} aumenta 44,5% y 55,4% la dispersión.

Finalmente en 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre \$79.143 y \$16.277 (\$/mes) con media de \$37.236 y dispersión de \$17.220 (\$/mes). Por su parte, el promedio del EE_{AC} aumenta 33,5% y 30,6% la desviación estándar, respecto de viviendas de 55m² en la misma ciudad.

En Santiago, podría fluctuar entre \$48.847 y \$4.177 (\$/mes) disminuyendo en 42,7% la media y 31,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Así mismo, el promedio del EE_{AC} aumenta 35,0% y 38,6% la dispersión.

En Valparaíso se observan oscilaciones entre \$78.402 y \$15.200 (\$/mes) disminuyendo 1,0% la media y aumentando 2,2% la desviación estándar respecto de Concepción. Finalmente, el promedio del EE_{AC} aumenta 29,6% y 35,7% la dispersión.

4.1.10. INFLUENCIA DEL CONFORT ADAPTATIVO SOBRE EL EC_{HVAC} Y SU PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (PREC)

La Figura 4.4, presenta los resultados obtenidos del proceso de simulación para el consumo de energía promedio mensual con sistemas HVAC (EC_{HVAC}) y el consumo de energía promedio mensual considerando confort adaptativo (EC_{AC}) en Kilo Watts Hora por mes (kWh/mes). El PREC, se determina como la razón de la diferencia entre el EC_{HVAC} y el EC_{AC} dividido por el EC_{HVAC} , en tanto por ciento. Esto para cada uno de los 93.312 casos de viviendas estudiadas.

Luego, para realizar los análisis, se determinan previamente los valores del PREC máximos, mínimos, promedios y desviación estándar de cada caso analizado. Posteriormente se selecciona del conjunto de FRs (0.6-1.0-1.6) agrupados por tamaño de vivienda y ciudad; el mayor máximo, el menor mínimo, el promedio de las medias y de la desviación estándar de cada muestra. Finalmente estos resultados, se consolidan como indicadores representativos del proceso de reducción de consumo de energía, en los meses de mayor y menor demanda anual.

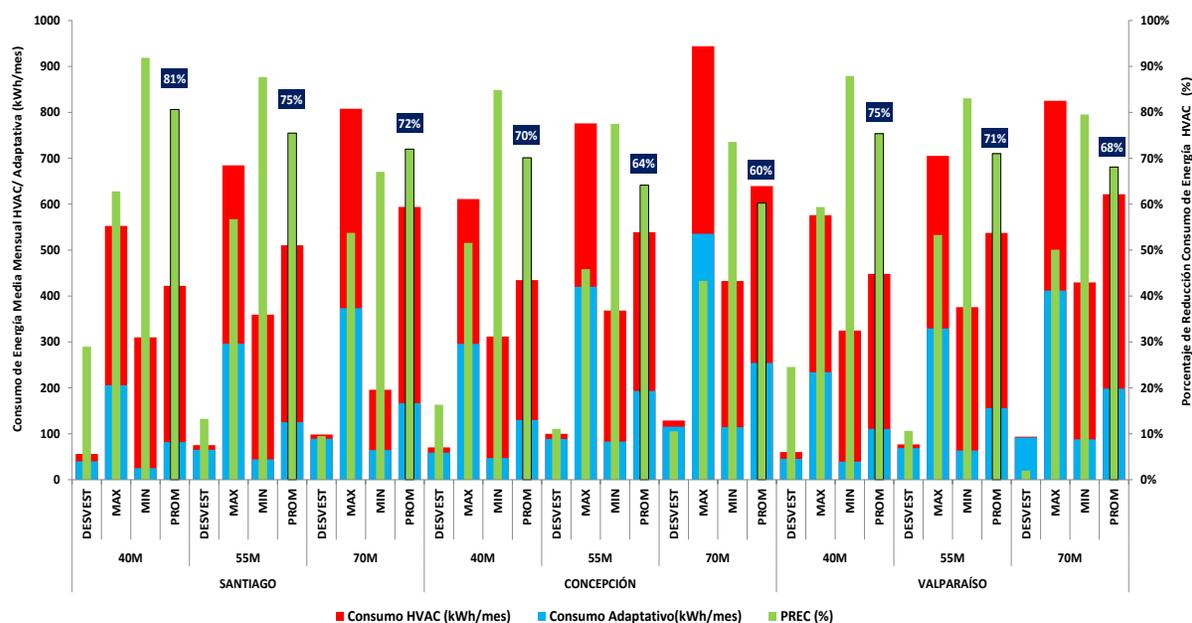


Figura 4.4. Porcentaje de reducción (PREC) entre el consumo de energía promedio mensual HVAC (EC_{HVAC}) y el consumo de energía promedio mensual considerando confort adaptativo (EC_{AC})

En forma general se observa que en promedio el PREC disminuye significativamente al considerar confort adaptativo, existiendo relación entre la disminución del tamaño de la vivienda y el aumento del PREC en todas las situaciones.

Se observa además que, existe una cierta relación entre el aumento del PREC y el aumento del Ratio Forma. Es así como en viviendas de 40m², en todas las ciudades, el mayor PREC se produce con FR1.0 y el menor con FR0.6. En 55m² ocurre lo mismo en Concepción y Valparaíso. Sin embargo, en Santiago, el mayor PREC se presenta con FR1.6.

En 70m² en todas las ciudades el mayor PREC se presenta con FR1.6 y el mínimo con FR0.6. Excepto en Santiago con FR1.0 donde ocurre el mínimo.

Los PREC máximos vistos, pueden fluctuar entre 91,9% en viviendas de 40m² con FR0.6 en Santiago y mínimo de 43,3% en viviendas de 70m² con FR1.6 en Concepción. Además, se aprecia que el promedio global de reducción, alcanza un 68,1%.

Por otro lado, de los análisis particulares de viviendas de 40m² en Concepción, se observa que, el PREC en todos los FRs, puede fluctuar entre 84,8 (%) y 51,1(%) con media de 70,1 (%) y desviación estándar de 16,3 (%). Santiago por su parte, entre 91,9(%) y 62,8(%) aumentando 15% la media y 78% la desviación estándar respecto de Concepción. Finalmente Valparaíso, las fluctuaciones van desde 87,9% a 59,4% aumentando 7,5% la media y 48% la dispersión respecto de Concepción.

En el mismo sentido, en viviendas de 55m² en Concepción, puede variar entre 77,8% y 45,9% con media de 64,1% y 11,0% de desviación estándar. Santiago por su parte, puede fluctuar entre 87,8% y 57,0%, aumentando 18% la media y 19% la desviación estándar, respecto de Concepción. Por último en Valparaíso, se observan oscilaciones entre 83,1% y 53,3% aumentando 11,0% la media y disminuyendo 9,1 % la desviación estándar respecto de Concepción.

En 70m² en Concepción, las fluctuaciones se pueden encontrar entre 74,2% y 43,3% con media de 60,0% y dispersión de 10,5%. En Santiago, podría fluctuar entre 84,7% y 53,6% aumentando 19,5% la media y disminuyendo 11,7% la desviación estándar respecto de Concepción. Y finalmente en Valparaíso, se observan oscilaciones entre 79,8% y 50,1% aumentando 13,0% la media y disminuyendo 84,7% la desviación estándar respecto de Concepción.

Por otro lado, una familia en la ciudad de Concepción, al pasar de una vivienda de 40m² a otra de 55m², su PREC disminuye en promedio 8,5% y 32,1% la dispersión. Así mismo, de 55m² a 70m², disminuye 6,1% y 4,8% la desviación estándar.

Por su parte en Santiago, el PREC disminuye su media en 6,4% y 54,5% la dispersión. En el mismo orden de ideas, de 55m² a 70m² disminuye 4,6% su media y 29,5% la dispersión.

Finalmente en Valparaíso, el PREC disminuye 5,8% su media y 58,3% la dispersión, al pasar de viviendas de 40m² a 55m². Igualmente, de 55m² a 70m², disminuye 4,1% su media y 84,0% la dispersión.

4.2. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

A continuación se presentan resultados de 1944 simulaciones energéticas, que corresponden a 93.312 combinaciones de casos de viviendas sociales estudiadas. Las salidas del proceso de simulación permitieron calcular los respectivos Indicadores de Riesgo Potencial de Pobreza de Combustible considerando confort adaptativo (FPPRI) y con sistemas HVAC (FPI).

Bajo estas consideraciones, se evalúa la PE ordenando los resultados según las variables Ciudad, Superficie y Ratio de Forma. Posteriormente, se analiza y compara la información en 12 grupos organizados en pares de combinaciones de superficies y deciles de ingreso. Estableciendo además, los valores máximos, mínimos promedios y rango de dispersión como indicadores representativos del comportamiento del riesgo en cada situación.

Cabe hacer notar que un porcentaje del 100% implica que, el límite del 10% en gasto máximo de energía para acondicionar térmicamente la vivienda, será excedido en todos los casos. Por consiguiente, ese hogar no podrá pagar las facturas por consumo de energía.

4.2.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 40M²

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.5, el "Ratio de Forma" en 40m², no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en el 1^{er} decil de ingreso. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de pobreza si se utiliza este indicador que considera sistemas HVAC.

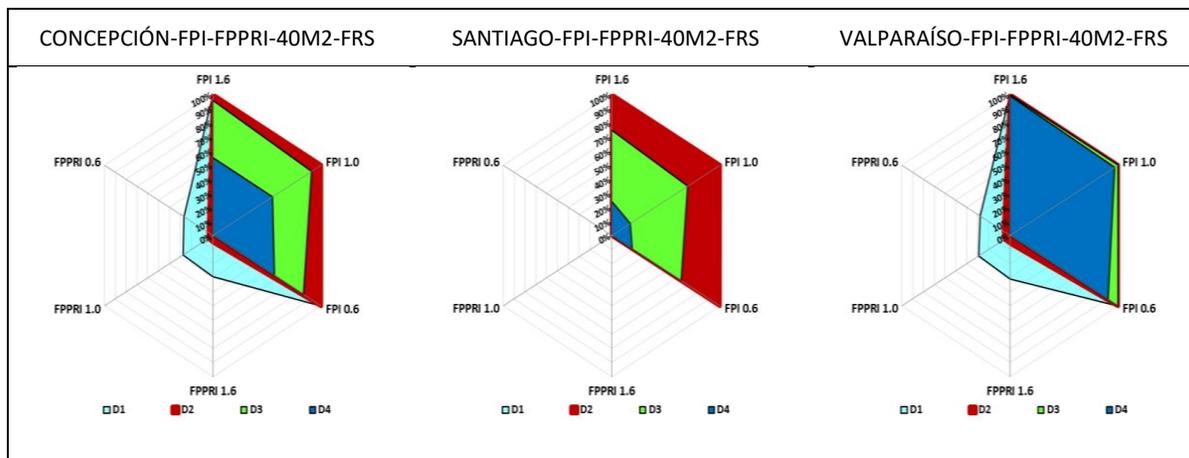


Figura 4.5. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-40m²

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 29,2% en Concepción; 30,8% en Valparaíso y 0,6% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago es significativa respecto de las otras ciudades, permitiendo alcanzar niveles mínimos de riesgo y exiguas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 40m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI asociadas a la relación de forma se presentan en FR0.6, con un mínimo de 26,7%; máximo 29,2% con FR1.6; promedio 27,8% y rango de dispersión 2,5%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión.

En Santiago, la situación de riesgo como se mencionó anteriormente, se reduce significativamente cuando se analiza el efecto del confort adaptativo. Alcanzando riesgos marginales de 0,6% como máximo con FR0.6; mínimo de 0,2% con FR1.0 y promedio de 0,4 %. Conforme a lo anterior y dado lo poco significativo de los resultados de riesgo obtenidos, podría asumirse “condición de riesgo 0%” en este decil, por lo que no sería necesario pagar el costo por consumo de energía, si se supone la ocupación de la vivienda con regulación térmica adaptativa.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6, con un mínimo de 27,7%; máximo de 30,8% con FR1.6; promedio de 29,1% y rango de dispersión de 3,1%. En el mismo orden de ideas, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión.

Por otro lado, al analizar el 2^{do} decil de ingreso, se observa en general de los gráficos radiales de la Figura 4.5, que el “Ratio de Forma” en 40m² no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, en todas las situaciones, existe 100% de pobreza si se utiliza este indicador. Sin embargo, en Santiago con FR0.6, el riesgo disminuye casi imperceptiblemente un 0,2%.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 4,7% en Concepción; 5,9% en Valparaíso y riesgo 0% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago, es significativa respecto de las otras ciudades, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 40m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI asociadas a la relación de forma se presentan en FR0.6 y FR1.0 con un mínimo de 4,1%; máximo de 4,7% con FR1.6; promedio de 4,3% y rango de dispersión de 0,6%. En este mismo sentido, se observa que al aumentar el FR, el riesgo permanece constante hasta FR1.0; luego aumenta como máximo, el rango de dispersión.

En Santiago, como se vio anteriormente, es una ciudad con riesgo de pobreza de combustible FPI igual a 100% y FPPRI igual a 0%. Por tanto, si las personas son capaces de aplicar su adaptación climática en este contexto, las posibilidades de sufrir pobreza de energía en todos los casos analizados son nulas.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 5,1%; máximo de 5,9% con FR0.6; promedio 5,5% y rango de dispersión 0,8%. Así mismo, se aprecia además, que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso se observa que el “Ratio de Forma” en 40m², si tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en. Sin embargo en la ciudad de Valparaíso, el riesgo se mantiene inalterable en 100% en todos los FRs.

Luego, el riesgo máximo en cualquier situación se puede encontrar por debajo de 95,8% en Concepción; 74,8% en Santiago y 100% en Valparaíso.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción máxima al considerar AC; presentando riesgo 0% en todos los casos analizados. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en todas las ciudades, es máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En familias que optan por viviendas de 40m² en la ciudad de Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un mínimo de 83,6%; máximo de 95,8% con FR1.6; promedio 90,2% y rango de dispersión de 12,3%. En este sentido, se observa que en la medida que aumenta el FR, el riesgo también aumenta.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 64,1%; máximo de 74,8% con FR1.6; promedio 69,7% y rango de dispersión de 10,6%. En este sentido, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingreso en 40m², el “Ratio de Forma”, si tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Luego, el riesgo máximo en cualquier situación se puede encontrar por debajo de 56,7% en Concepción; 24,3% en Santiago y 99,1% en Valparaíso.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción máxima al considerar AC; presentando riesgo 0% en todos los casos analizados. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en todas las ciudades, es máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 40m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 55%; máximo de 56,7% con FR0.6; promedio 55,6% y rango de dispersión de 1,7%. En ese orden, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo FPI.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR1.0 con un mínimo de 17,1%; máximo de 24,3% con FR1.6; promedio de 20,1% y rango de dispersión menor a 7,2%. Así mismo, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo FPI.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 90,7%; máximo de 99,1% con FR1.6; promedio de 95,5% y un rango de dispersión menor a 8,3%. En este orden de ideas, se observa que al aumentar el FR el riesgo también aumenta.

4.2.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 55M2

En general y como se observa de los gráficos radiales de la Figura 4.6, el “Ratio de Forma” en 55m2, no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en el 1^{er} decil de ingreso. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de pobreza si se utiliza este indicador que considera sistemas HVAC.

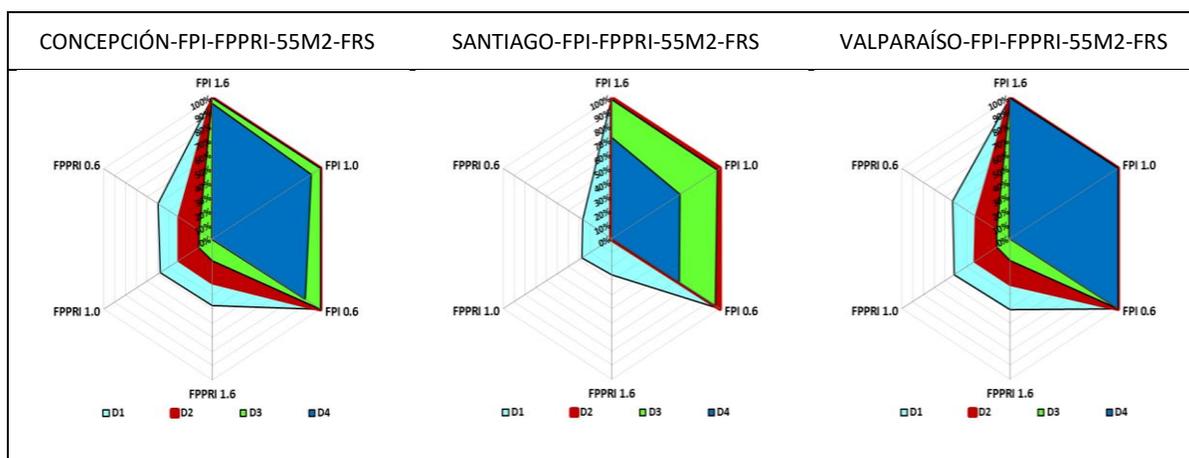


Figura 4.6. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-55m2

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción, al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 50% en Concepción; 53,1% en Valparaíso y 27,5% en Santiago.

En viviendas de 55m2 en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.6, con un valor mínimo de 47,3%; máximo de 50% con FR0.6; promedio de 48,4% y dispersión menor a 2,7 %. Así mismo, se observa que al aumentar el FR el riesgo disminuye, como máximo el rango de dispersión.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.6, con un valor mínimo de 25,8%; máximo de 27,5% con FR1.0; promedio de 26,7% y rango de dispersión menor a

1,7 %. En este orden se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.6 con un valor mínimo de 50,6%; máximo de 53,1% con FR0.6; promedio de 51,8% y rango de dispersión menor a 2,5%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo disminuye, como máximo el rango de dispersión obtenido.

Por otro lado al examinar el 2^{do} decil de ingreso se observa en general de los gráficos radiales de la Figura 4.6 , que el “Ratio de Forma” en 55m², no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de riesgo de pobreza.

Así mismo, al analizar el riesgo FPPRI, se observa que tiene capacidad de reducción al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 30,8% en Concepción; 30,9% en Valparaíso y 0,9% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago, es significativa respecto de las otras ciudades, permitiendo alcanzar mínimas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 55m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6 y FR1.0 con un valor mínimo de 30,3%; máximo de 30,8% con FR1.6; promedio de 30,5% y rango de dispersión menor a 0,5%. Se observa además, que al aumentar el FR el riesgo permanece constante hasta FR1.0; luego aumenta como máximo, el rango de dispersión obtenido.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI son marginales, y se presentan en FR0.6 y FR1.6 con un valor mínimo de 0,7%; máximo de 0,9% con FR1.0; promedio de 0,8% y rango de dispersión menor a 0,2%. Así mismo, se aprecia que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 30,9%; máximo de 32,2% con FR16; promedio de 31,7% y rango de dispersión menor a 1,3%. Se observa además, que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso se observa que el “Ratio de Forma” en 55m², tiene escasa influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, solo en Santiago en todos los

FRs, el riesgo disminuye marginalmente, llegando a valores máximos de reducción de 4,4% con FR0.6. Sin embargo, en las demás ciudades, existe 100% de riesgo de pobreza si se utiliza este indicador.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción, al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 15,5% en Concepción; 15,6% en Valparaíso y riesgo 0% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago, es máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 55m² Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 11,9%; máximo de 15,5% con FR1.6; promedio de 13,3% y rango de dispersión menor a 3,6%. En este orden de ideas, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 95,6%; máximo de 98,8% con FR1.6; promedio de 97,3% y rango de dispersión menor a 3,2%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 12,2%; máximo de 15,6% con FR1.6; promedio de 13,3% y rango de dispersión menor a 3,5%. Se observa además, que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingreso en 55m² el “Ratio de Forma”, si tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Sin embargo, solo en la ciudad de Valparaíso deja de tenerlo. Manteniéndose el riesgo inalterable en 100% en todos los casos.

Luego, el riesgo FPI máximo observado en cualquier situación se puede encontrar por debajo de 96,1% en Concepción; 71,9% en Santiago y riesgo 100% en Valparaíso.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción máxima al considerar AC; presentando riesgo 0% en todos los casos. Sin embargo, se observa exiguos riesgos de pobreza en las ciudades de Concepción y Valparaíso que no sobrepasan el 0,5% y 0,9%

respectivamente. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en todas las ciudades, se podría asumir como máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 55m² Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 85,9%; máximo de 96,1% con FR1.6; promedio de 91,1% y rango de dispersión menor a 10,2%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 62,4%; máximo de 71,9% con FR1.6; promedio de 65,7% y rango de dispersión menor a 9,5%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

Respecto del riesgo FPPRI, las condiciones más favorables, son de tipo marginal y se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 0,35%; máximo de 0,46% con FR0.6 y FR1.6; promedio de 0,42% y rango de dispersión menor a 0,12%. En este orden de ideas, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI, también son de tipo marginal y se presentan en FR1.6 con un valor mínimo de 0,23%; máximo de 0,93% con FR0.6; promedio de 0,5% y rango de dispersión menor a 0,7%. Así mismo, se observa que al aumentar el FR, el riesgo disminuye, como máximo el rango de dispersión obtenido.

4.2.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS RATIO DE FORMA EN VIVIENDAS DE 70M²

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.7, el “Ratio de Forma” en 70m², no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en el 1^{er} decil de ingreso. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de riesgo de pobreza.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción, al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 77,2% en Concepción; 80% en Valparaíso y 33,3% en Santiago.

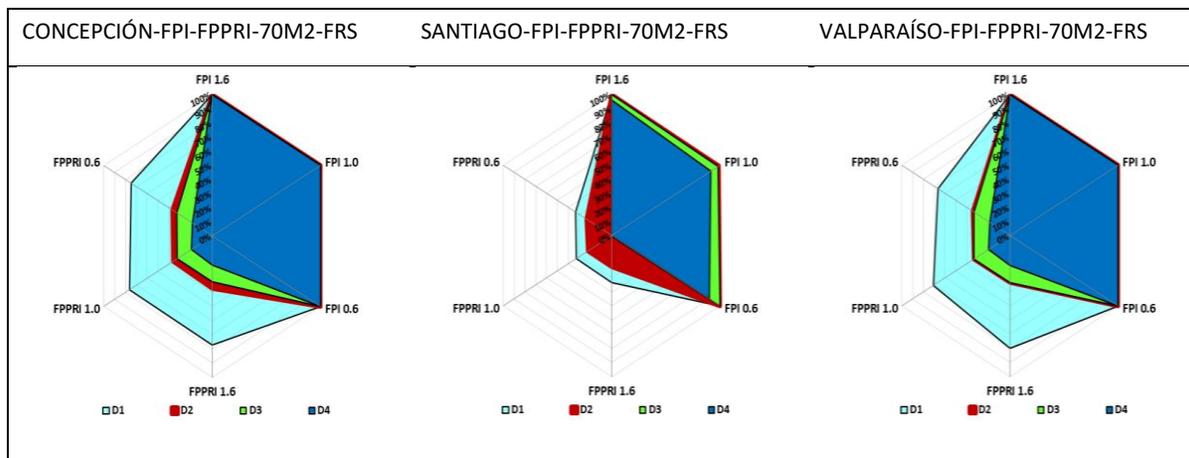


Figura 4.7. Análisis FPI-FPPRI-Ratios de Formas-70m2

En viviendas de 70m2 en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6, con un valor mínimo de 74,8%; máximo de 77,2% con FR1.6; promedio de 76,1% y rango de dispersión menor a 2,4 %. En este orden de ideas, se observa que al aumentar el FR, el riesgo aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 32,6%; máximo de 33,3% con FR0.6 y FR1.6; promedio de 33,1% y rango de dispersión menor a 0,7 %. Se observa además, que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6, con un valor mínimo de 66,6%; máximo de 80% con FR1.6; promedio de 72,5% y rango de dispersión menor a 13,4%. En este orden de ideas, se observa que al aumentar el FR, el riesgo aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

Por otro lado, al examinar el 2^{do} decil de ingreso se observa en general de los gráficos radiales de la Figura 4.7, que el “Ratio de Forma” en 70m2, prácticamente no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de pobreza si se utiliza este indicador que considera sistemas HVAC. Sin embargo en Santiago con FR1.0, el riesgo disminuye discretamente 1,2%.

Así mismo, el riesgo FPPRI, se observa que tiene capacidad de reducción al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 37,3% en Concepción; 34,5% en Valparaíso y 23,3% en Santiago.

En viviendas de 70m² Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 36,1%; máximo de 37,3% con FR1.6; promedio de 36,7% y rango de dispersión menor a 1,2%. Así mismo, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 22%; máximo de 23,3% con FR0.6; promedio de 22,5% y rango de dispersión menor a 1,3%. En este orden de ideas, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.6 con un valor mínimo de 33,3%; máximo de 34,5% con FR0.6; promedio de 33,8% y rango de dispersión menor a 1,2%. Se aprecia además, que al aumentar el FR el riesgo disminuye, como máximo el rango de dispersión observado.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso, se observa que el “Ratio de Forma” en 70m², tiene escasa influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en el. Dado que, en todas las situaciones, existe 100% de riesgo de pobreza. Sin embargo, solo en Santiago con FR1.0, el riesgo disminuye 1,9%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 32,6% en Concepción; 33,3% constante en todos los FRs en Valparaíso y 0,5% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago, es máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 70m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 32,3%; máximo de 32,6% FR0.6; promedio de 32,4% y rango de dispersión menor a 0,3%. En este mismo orden, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI son marginales y se presentan en FR1.0 con un valor mínimo de 98,1%; máximo de 100% con FR0.6 y FR1.6; promedio de 99,4% y rango de

dispersión menor a 1,9%. Así mismo, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

Respecto del riesgo FPPRI, las condiciones más favorables, son de tipo marginal y se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 0,0%; máximo de 0,5% con FR1.0 y FR1.6; promedio de 0,3% y rango de dispersión menor a 0,5%. En este orden de ideas, se observa que no existe una relación clara entre el aumento del FR y el aumento o disminución del riesgo.

En Valparaíso, las condiciones de riesgo máximo, mínimo y promedio se mantienen constantes en 33,3% en todos los FRs sin dispersión.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingreso en 70m², el “Ratio de Forma” tiene limitada influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en. Dado que, solo en Santiago en todos los FRs, el riesgo disminuye, llegando a valores máximos de 10% con FR0.6. Sin embargo, en las demás ciudades, existe 100% de riesgo de pobreza si se utiliza este indicador.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, se observa su capacidad de reducción, al considerar AC; encontrando valores máximos en cualquier situación, por debajo de 20,6% en Concepción; 21,2% en Valparaíso y riesgo 0% en Santiago. Respecto de lo anterior, la capacidad que podrían tener las personas para adaptarse al clima en Santiago, es máxima, permitiendo alcanzar nulas posibilidades de sufrir pobreza de energía en todas las situaciones.

En viviendas de 70m² en Concepción, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 18,3%; máximo de 20,6% con FR1.6; promedio de 19,4% y rango de dispersión menor a 2,3%. Así mismo se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Santiago, las condiciones más favorables de riesgo FPI se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 90%; máximo de 96,1% con FR1.6; promedio de 92,5% y rango de dispersión menor a 6,0%. Además, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta, como máximo el rango de dispersión obtenido.

En Valparaíso, las condiciones más favorables de riesgo FPPRI asociadas a la relación de forma se presentan en FR0.6 con un valor mínimo de 18,6%; máximo de 21,2% con FR1.6; promedio de

19,9% y rango de dispersión menor a 2,5%. En este orden de ideas, se observa que al aumentar el FR, el riesgo también aumenta.

4.2.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

4.2.4.1. RELACIÓN DEL RATIO DE FORMA Y EL RIESGO FPI-FPPRI

La Tabla 4.1 representa la relación del riesgo FPI-FPPRI vs el Ratio de Forma para distintos deciles de ingresos, ciudades y superficies, donde se observa que no existe una relación única entre el aumento del riesgo FPI-FPPRI y el aumento del FR, que se mantenga igual en todos los casos estudiados.

Tabla 4.1. Relación Riesgo FPI-FPPRI vs Ratio de Forma por deciles-Ciudades-Superficies . Fuente: Elaboración propia

| Relación del Riesgo FPPRI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | | | |
|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|
| | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | | | |
| 1.6 | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | ↑ | ↑ | - |
| 1.0 | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ | ↓ | - |
| 0.6 | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ | ↓ | - |

| Relación del Riesgo FPI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | |
|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | |
| 1.6 | - | - | - | ↑ | ↑ | ↑ | - | - | - | ↑ | ↑ | ↑ | - | - | - | ↑ |
| 1.0 | - | - | - | ↓ | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ |
| 0.6 | - | - | - | ↓ | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ |

Sin embargo, al analizar el FPPRI se aprecia que solo en Concepción y Valparaíso existen casos donde al aumentar el FR el riesgo también aumenta o disminuye. Así, de los doce casos analizados, para tres ciudades y cuatro deciles, donde existe alguna relación entre el riesgo y el Ratio de forma; se observa que el 66,7% de los casos aumenta y en el 75% de estos ocurre simultáneamente en ambas ciudades y en el mismo decil, siendo más frecuente en viviendas de 70m2. Así mismo, la mayor cantidad de casos donde el riesgo disminuye al aumentar el FR, se presenta en 55m2 en los deciles D1-D4 y solo en Valparaíso en D4. Por ejemplo, en las ciudades de Concepción y Valparaíso en 40m2 en el decil D1, las flechas rojas remarcadas con color amarillo

indican el aumento del riesgo en función del incremento del Ratio de Forma. Por el contrario, en el mismo caso de estudio pero en 55m², las flechas negras remarcadas con color celeste, indican reducción del riesgo al disminuir el FR.

Respecto de la Relación del Riesgo FPI y el Ratio de forma se observa que de los siete casos donde existe alguna relación entre el riesgo y FR, el 100% de los casos aumenta y de ellos 85,7% ocurre principalmente en Santiago y Concepción, dejando a Valparaíso en último lugar. En el mismo sentido ocurren simultáneamente en 40m² decil D3 y en 55m² decil D4.

Por otro lado también se observa que es más frecuente encontrar estas relaciones en tamaños de viviendas mayores con riesgo FPPRI y menores con FPI.

En síntesis, considerando el riesgo FPPRI se recomienda asignar viviendas con FR más pequeños en Concepción y Valparaíso en 40m² decil D1; en 70m² deciles D1-D4; en 55m² D2 en Valparaíso y D3 en Concepción. Por el contrario, se recomienda asignar viviendas con mayores FRs en 55m² decil D1 en Concepción y Valparaíso; D4 en Valparaíso y D4 en Valparaíso con 70m².

Por su parte con riesgo FPI se recomienda asignar en todos los casos viviendas con FR menores en 40m² decil D3 y en 55m² decil D4, en Concepción y Santiago; 40m²-D4 en Valparaíso; 55m²-D3 en Santiago y 70m²-D4.

4.2.4.2. RANGO DE DISPERSIÓN DE LA MEDIA PARA DISTINTOS RATIOS DE FORMA

En relación con el “Rango de dispersión”, respecto del riesgo FPPRI por ciudades entre deciles; se observa que en viviendas de 40m² el máximo se presenta en el decil D1 en todas las ciudades. La máxima dispersión es de 3,1% en Valparaíso, disminuyendo 22,3% en Concepción (2,43%) y 88,8% en Santiago (0,35%).

En 55m² el rango máximo (3,6%) se presenta en el decil D3 en Concepción, aumentando respecto de viviendas de 40m², en la misma ciudad, de 47,7%; al igual que en Valparaíso donde el aumento (3,47%) es de 10,9%. Por su parte en Santiago la dispersión máxima se mantiene en D1, aumentando 5 veces respecto del tamaño visto en la misma ciudad anteriormente (1,74%).

De igual modo en viviendas de 70m² el rango máximo se traslada al decil D1 en Valparaíso, aumentando 3,9 veces (13,4%) respecto del máximo en 55m² y decil D3 en la misma ciudad; al

igual que en Concepción disminuyendo 32,3% respecto del promedio de viviendas de 55m² en las mismas ciudades y deciles respectivamente. En Santiago la dispersión máxima se traslada al decil D2, disminuyendo 27% (1,27).

4.2.4.3. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL RIESGO FPI (PRFPI) AL CONSIDERAR CONFORT ADAPTATIVO

En la Figura 4.8 se presentan los resultados del riesgo FPI y FPPRI promedio por Ratio de Forma, para los tamaños de viviendas de 40, 55 y 70m² en todas las ciudades. Al comparar ambos índices considerando los límites de ingreso de los primero cuatro deciles se obtiene, el Porcentaje de Reducción del Riesgo FPI (PRFPI) al considerar la adaptación al uso de los ocupantes mediante confort adaptativo.

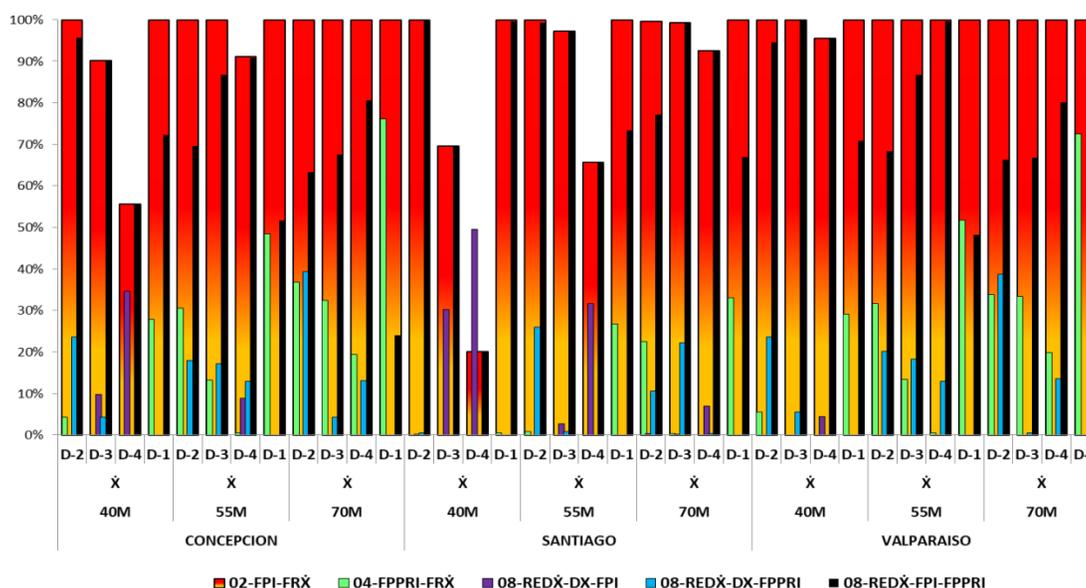


Figura 4.8. Porcentaje de reducción Riesgo promedio (PRFPI) vs ciudad-tamaño-FR̄X-decil

Bajo estas consideraciones, se evalúa la PE y el PRFPI ordenando los resultados según las distintas combinaciones de variables Ciudad, Superficie y Ratio de Forma Promedio. Posteriormente, se analiza y compara la información, siguiendo dos líneas de análisis. Para la relación PE-PRFPI entre ciudades por superficie y para PE-PRFPI entre superficies por ciudades.

Así mismo, en los tres tamaños de superficie por ciudades y niveles de ingresos analizados; se plantean las siguientes interrogantes por vislumbrar a) Donde los riesgos FPI-FPPRI son máximos, mínimos y en qué circunstancias alcanzan el 100% ó 0%; b) Donde el PRFPI es máximo, mínimo y

en que ciudades, tamaños y deciles se presentan; c) Donde se produce el mayor PRFPI, cuando la familia mejora su nivel de ingreso considerando los riesgos FPI-FPPRI en una misma ciudad y tamaño de vivienda; d) Existen patrones de comportamiento o tendencias observables para el PRFPI; e) Cuanto aumenta el riesgo FPPRI al pasar de una vivienda a otra de mayor superficie en la misma ciudad.

ANÁLISIS DE POBREZA ENERGÉTICA PROMEDIO Y PRFPI EN VIVIENDAS DE 40M2

Del indicador de riesgo promedio FPI en viviendas de 40m², analizado en los gráficos de barra de la Figura 4.8, se observa que el 100% de los casos entre el decil D1 al D3 en Valparaíso y del D1 al D2 en Concepción y Santiago (despreciando las diferencias marginales menores al 0,1% en Santiago en el decil D2); superan el límite del 10% de los ingresos en gasto de energía. Por otro lado, el menor riesgo FPI es 20,1% en Santiago; 55,6% en Concepción y 95,5% en Valparaíso en el decil D4.

Respecto del indicador FPPRI, no se observan situaciones donde el riesgo supere el límite del 10% el 100% de los casos. Sin embargo, los máximos se presentan siempre en D1 en todas las ciudades, superando en Valparaíso, el 29,1% de los casos; 27,8% en Concepción y 0,4% en Santiago.

En el mismo orden de ideas al aplicar el índice de riesgo FPPRI, se observa que los deciles D3 al D4 en todas las ciudades, más el D2 en Santiago; se encuentran por debajo del límite del 10%, con riesgo 0%.

El PRFPI en el decil D2, analizado en el gráfico radial de la Figura 4.9, es máximo en Santiago con 99,9%, disminuyendo 4,2% y 5,4% en Concepción y Valparaíso respectivamente. Así mismo, el D3 presenta un PRFPI máximo de 100% en Valparaíso, el mayor de su clase, disminuyendo 9,8% y 30,3% en Concepción y Santiago respectivamente. Finalmente en D4, se observa un PRFPI máximo de 95,5% en Valparaíso; disminuyendo 41,7% y 78,9% en Concepción y Santiago respectivamente.

En síntesis, en 40m² el mayor PRFPI se produce en Valparaíso en D3 con 100%, luego en Santiago y Concepción con 99,9% y 95,7% respectivamente en el decil D2.

El “potencial de reducción del riesgo” definido como la disminución al aumentar el nivel de ingreso; se maximiza al considerar el riesgo FPI, siempre en el decil D4 en todas las ciudades. El máximo es de 49,5% en Santiago; mínimo de 4,5% en Valparaíso y 34,5% en Concepción.

Por el contrario, el mayor potencial de reducción FPPRI, se presenta siempre en D2 en todas las ciudades. Con un máximo de 23,6% en Valparaíso; 0,4% en Santiago y 23,5% Concepción.

Se observa que al crecer el decil de ingreso, aumenta el potencial de reducción con el indicador FPI. Sin embargo, con FPPRI, ocurre lo contrario.

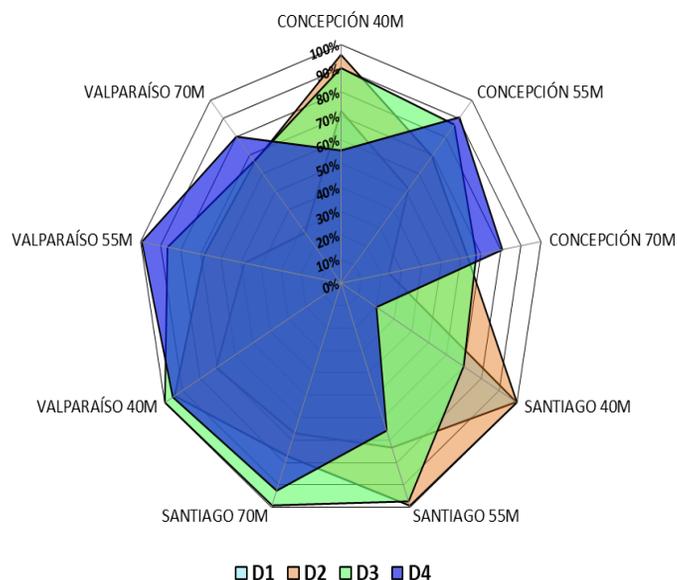


Figura 4.9. PRFPI vs ciudades y deciles de ingreso

ANÁLISIS DE POBREZA ENERGÉTICA PROMEDIO Y PRFPI EN VIVIENDAS DE 55M2

Luego, analizando el indicador FPI en viviendas de 55m2 en los gráficos de barra de la Figura 4.8, se observa que el 100% de los casos entre D1 y D4 en Valparaíso; D1 y D3 en Concepción y D1 y D2 en Santiago sobrepasan el límite del 10% en gasto de energía. Por otro lado, el menor riesgo FPI promedio por deciles es de 65,7% en Santiago; 91,1% en Concepción y 100% en Valparaíso en el decil D4.

Respecto del indicador FPPRI, no se observan situaciones donde el riesgo supere el límite del 10% el 100% de los casos. Sin embargo, el mayor riesgo se presenta en todas las ciudades en D1 con 51,8% en Valparaíso; 48,4% en Concepción y 26,7% en Santiago.

En el mismo orden de ideas, se observa que los deciles D3 y D4, se encuentran por debajo del límite del 10% solo en Santiago con riesgo 0%. Sin embargo, el decil D4 en Concepción y

Valparaíso, como el decil frontera D2 en Santiago; se encuentran por sobre el límite del 10% en gasto de energía tan solo en el 0,8% de los casos como máximo.

Luego el PRFPI en D3, analizado en el gráfico radial de la Figura 4.9, es máximo en Santiago con 97,3%, disminuyendo 10,9% en Concepción y Valparaíso. Por el contrario, en D4 el mínimo PRFPI se presenta en Santiago con 65,7%, aumentando 51,4% y 38,1% en Valparaíso y Concepción respectivamente. Finalmente en el decil frontera D2, el PRFPI es máximo en Santiago con 99,2%; disminuyendo 31,2% y 29,9% en Valparaíso y Concepción respectivamente. Luego, El decil que presenta el mayor potencial de reducción PRFPI se presenta en Valparaíso en el decil D4 con 99,5%, disminuyendo 8,8% y 34,0% en Concepción y Santiago respectivamente

El mayor potencial de reducción FPI, se produce en el decil D4 en todas las ciudades, excepto Valparaíso. El máximo es de 31,6% en Santiago; 8,9% en Concepción y 0% en todos los deciles en Valparaíso.

En forma similar, el mayor potencial de reducción FPPRI, se presenta en todas las ciudades en D2. Con máximo de 25,9% en Santiago; mínimo de 17,9% en Concepción y 20,1% en Valparaíso.

Por otro lado, se observa que, al crecer el decil de ingreso, excepto en Valparaíso, también aumenta el potencial de reducción con el indicador FPI. Sin embargo, con FPPRI, ocurre lo contrario.

El riesgo FPPRI, al pasar de viviendas de 40 a 55m² aumenta como máximo 26,3% en Santiago; 22,7% en Valparaíso y mínimo de 20,6% en Concepción. Así mismo con FPI, el máximo es de 45,6% en Santiago; 35,5% en Concepción y mínimo de 4,5% en Valparaíso.

ANÁLISIS DE POBREZA ENERGÉTICA PROMEDIO Y PRFPI EN VIVIENDAS DE 70M²

Al considerar el indicador FPI en viviendas de 70m², analizado en los gráficos de barra de la Figura 4.8, se observa que el 100% de los casos sobrepasa el límite del 10% en gasto de energía en las ciudades de Valparaíso y Concepción en todos los deciles y en Santiago en D1. Por otro lado, el riesgo FPI menor es de 90,0% en Santiago en el decil D4.

Respecto del indicador FPPRI, no se observan situaciones donde el riesgo supere el límite del 10% en el 100% de los casos. Sin embargo, el mayor riesgo promedio se presenta en todas las ciudades

en el decil D1, con un máximo de 76,1% en Concepción; mínimo de 33,1% en Santiago y 72,5% en Valparaíso.

En el mismo sentido, se observa que solo Santiago en el decil D4, se encuentra por debajo del límite del 10%, con riesgo 0%. Sin embargo, el decil frontera D3, también podría ser considerado, dado que, el riesgo máximo no supera el 0,5%.

Luego el PRFPI máximo en D4, analizado en el gráfico radial de la Figura 4.9, es de 92,5% en Santiago, disminuyendo 12,9% y 13,4% en Concepción y Valparaíso respectivamente. Así mismo el PRFPI en el decil frontera D3, es máximo en Santiago con 99,1%; disminuyendo 32,7% y 31,8% en Valparaíso y Concepción respectivamente. Luego, El decil que presenta el mayor potencial de reducción PRFPI se presenta en Santiago en el decil D3 con 99,1%; Además, el máximo en Concepción y Valparaíso es de 80,6% y 80,1% en el decil D4 respectivamente.

El mayor potencial de reducción FPI, se produce en Santiago en D4 con un máximo de 6,9%. Por otro lado, el potencial de reducción en Concepción y Valparaíso, en todos los deciles es 0%. Por lo tanto, en este caso, da lo mismo el decil en el que se encuentre la familia, dado que, el potencial de reducción es siempre constante e igual a 0%.

En forma similar, el mayor potencial de reducción FPPRI, se presenta en Concepción y Valparaíso en D2, con máximos de 39,4% y 38,7% respectivamente. Por su parte, en Santiago el máximo es de 22,2% en el decil D3.

No se observan tendencias ni patrones de comportamiento definidos para el cambio del nivel de ingresos en función del riesgo FPI o FPPRI en forma separada.

El riesgo FPPRI, al pasar de viviendas de 55m² a 70m² podría aumentar en 27,7% en Concepción; 6,4% en Santiago y 20,7% en Valparaíso. Así mismo con FPI, el máximo que podría alcanzar es de 26,8% en Santiago; 8,9% en Concepción y 0% en Valparaíso.

En síntesis y en lo que respecta al PRFPI entre deciles, en 40m², analizado en el gráfico radial de la Figura 4.9, se observa que Concepción y Santiago alcanzan su máximo y mínimo porcentaje de reducción en los deciles D2 y D4 respectivamente y en Valparaíso, en los deciles D3-D1.

Además, Santiago es la ciudad que presenta el máximo rango de variación del PRFPI con 79,8%, seguido de Concepción con 40,1% y Valparaíso con 29,1%, alcanzando el mayor PRFPI entre ciudades con 100% en D3.

En el mismo orden de ideas, se concluye que el PRFPI máximo entre ciudades por decil, es mayor en Santiago en D1 y D2 con 99,8% como promedio y en Valparaíso en D3 y D4 con 97,8%.

Respecto del PRFPI entre deciles, en 55m² se observa que Concepción y Valparaíso alcanzan su máximo y mínimo porcentaje de reducción, en los deciles D4 y D1 respectivamente, manteniéndose al igual que en 40m² en Santiago en los deciles D2 y D4. Así mismo, Valparaíso es la ciudad que presenta el mayor rango de variación, con 53,1% y PRFPI entre ciudades, con 99,5% en D4; seguido de Concepción con 39,1% de variación y máximo de 90,7% en D4 y finalmente Santiago con 33,5% de variación y con máximo de 99,2% en D2. En el mismo sentido, se aprecia que el PRFPI máximo entre ciudades por decil, es mayor en Santiago entre D1 y D3 con 89,9% como promedio y en Valparaíso en D4 con 99,5%.

Finalmente el PRFPI entre deciles en 70m², se observa que al igual que en 55m², Concepción y Valparaíso alcanzan su máximo y mínimo porcentaje de reducción, en los deciles D4 y D1 respectivamente y en Santiago, en los deciles D3 y D1. Así mismo, Concepción es la ciudad que presenta el mayor rango de variación, con 56,7% seguido de Valparaíso con 52,6% y Santiago con 32,3% y el mayor PRFPI entre ciudades, con 99,1% en D3.

En el mismo sentido, el PRFPI máximo entre ciudades por decil, es mayor en Santiago que en Valparaíso y Concepción, en todos los deciles con 83,9% como promedio.

Este último comportamiento se aprecia también en las ciudades de Concepción y Valparaíso en D4 donde una vez alcanzado el PRFPI máximo en viviendas de 55m² la capacidad de reducción a partir de este punto, comienza a disminuir. Lo mismo ocurre al considerar el PRFPI por ciudades entre deciles, donde aumenta el porcentaje de reducción al aumentar el decil, hasta alcanzar el máximo PRFP. Luego a partir de ese punto comienza a disminuir.

En lo que concierne al aumento del riesgo FPPRI que una familia podría estar expuesta al cambiar de una vivienda de 40m² a otra de 55m² y según lo observado en el gráfico radial de la Figura

4.10, Concepción y Valparaíso alcanzan su máximo y mínimo porcentaje de aumento en los deciles D2 y D4, al igual que Santiago, entre los deciles D1 y D3-D4 respectivamente.

Así mismo, Santiago es la ciudad que presenta el mayor aumento marginal del FPPRI por deciles y también por ciudades en D1, con 26,3%, seguido de Valparaíso con 22,6% y Concepción con 20,6%.

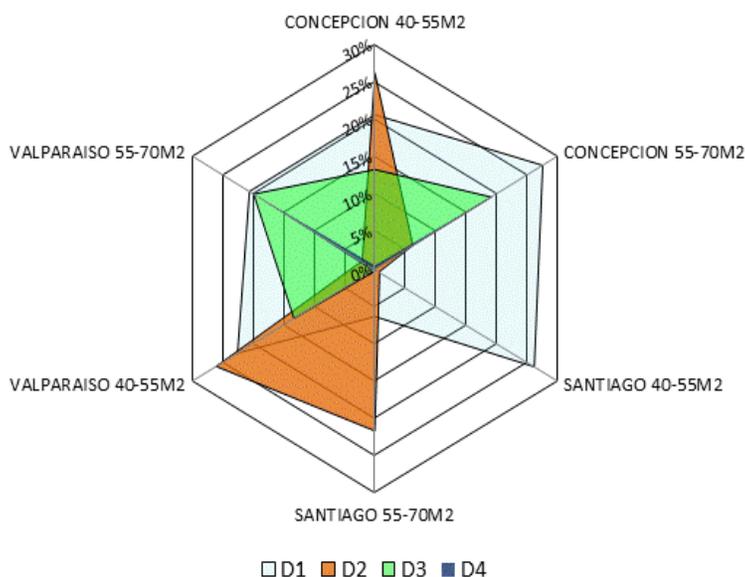


Figura 4.10. Porcentaje de aumento del riesgo FPPRI al cambiar de vivienda

Por su parte, al pasar de 55m2 a 70m2, se observa que, Concepción y Valparaíso alcanzan su máximo y mínimo porcentaje de aumento en los deciles D1 y D2, al igual que Santiago, entre los deciles D2 y D4 respectivamente.

Así mismo, Concepción es la ciudad que presenta el mayor aumento marginal del FPPRI por deciles y también por ciudades en D1, con un valor de 27,7%; disminuyendo un 25,3% en el mismo decil en Valparaíso y un 21,7% en Santiago en D2.

4.3. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

A continuación y siguiendo los mismos tipos de análisis anteriores, se evalúa la influencia que guarda la posición o ubicación de la vivienda, dentro de un Bloque de Condominio Social, sobre el riesgo de PE. Es decir, si las posiciones de centro o esquina en cada uno de los tres niveles para los 93.312 casos estudiados, y en función de las variables Ciudad, Superficie, Ratio de Forma y

Posición; tienen algún efecto sobre el riesgo FPI y FPPRI en cada uno de los cuatro deciles de ingresos analizados.

Bajo estas consideraciones, la PE se evalúa ordenando y comparando los resultados en 12 grupos organizados de combinaciones, estableciendo además, los valores máximos, mínimos, promedios y tendencias, como indicadores representativos del comportamiento del riesgo en cada situación.

Cabe recordar que, al igual que los análisis anteriores, un porcentaje del 100% implica que el valor umbral límite del 10% en gasto máximo de energía para acondicionar térmicamente la vivienda; será excedido en todos los casos. Por el contrario, un porcentaje del 0% implica que el valor límite se encuentra por debajo del umbral del 10% en todos los casos. Por consiguiente, ese hogar podrá pagar su gasto de energía.

4.3.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 40M2

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.11 para el 1^{er} decil en viviendas de 40m2, la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, en todas las configuraciones de variables y ciudades analizadas, el riesgo permanece siempre en 100%.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.12, se observa que la posición, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar confort adaptativo (AC); excepto en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel en Concepción y Valparaíso, con FR0.6 y en todos los FRs respectivamente, donde el riesgo es 100%.

Luego el máximo riesgo (descartando las situaciones con 100% vistas anteriormente) en Concepción y Valparaíso se presenta en el 1^{er} nivel. En las posiciones de “Centro” con todos los FRs, por debajo de 76,4% y 84,7% respectivamente. Y en las “Esquinas” con FR1.6 y FR1.0, solo afecta a Concepción con riesgo de 98,6%. Santiago por su parte, en las posiciones de “Esquinas” del mismo nivel en todos los FRs, el riesgo se sitúa por debajo de 3,5%.

Se observa además, que las posiciones “Centro” del 1^{er} nivel en todos los FRs en Santiago, como todas las posiciones en el 2^{do} y 3^{er} nivel, en todos los FRs y ciudades, se mantienen con riesgo 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con valores de 99,1%; 2,5% y 100% respectivamente.

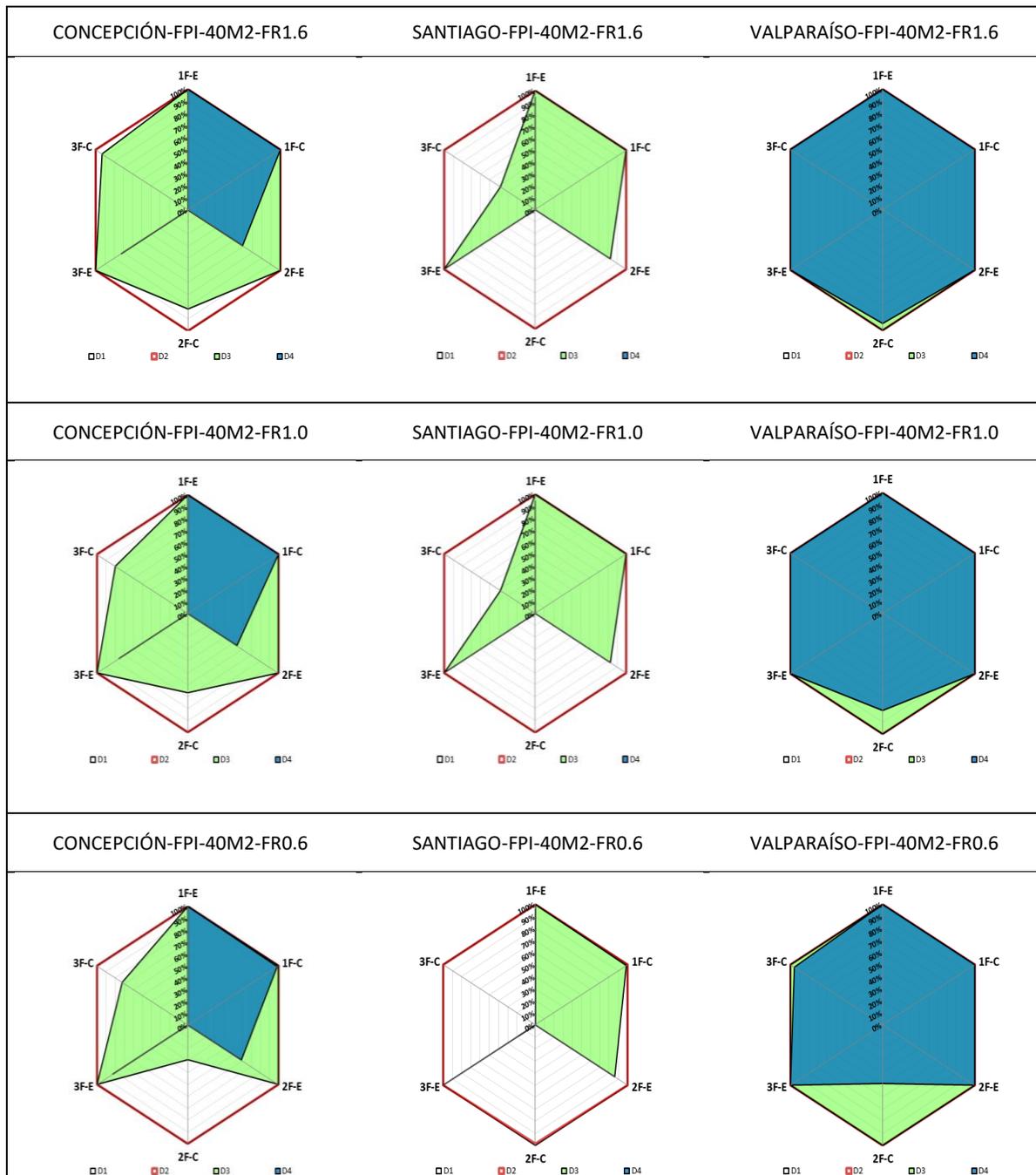


Figura 4.11. Riesgo FPI por Ciudades en 40m2 vs Posición y Ratio de Forma

Se observa además, en general que el riesgo promedio disminuye al aumentar el nivel o piso de la vivienda en todas las posiciones y ciudades, excepto en Santiago en las posiciones “Centro” donde el riesgo es 0%.

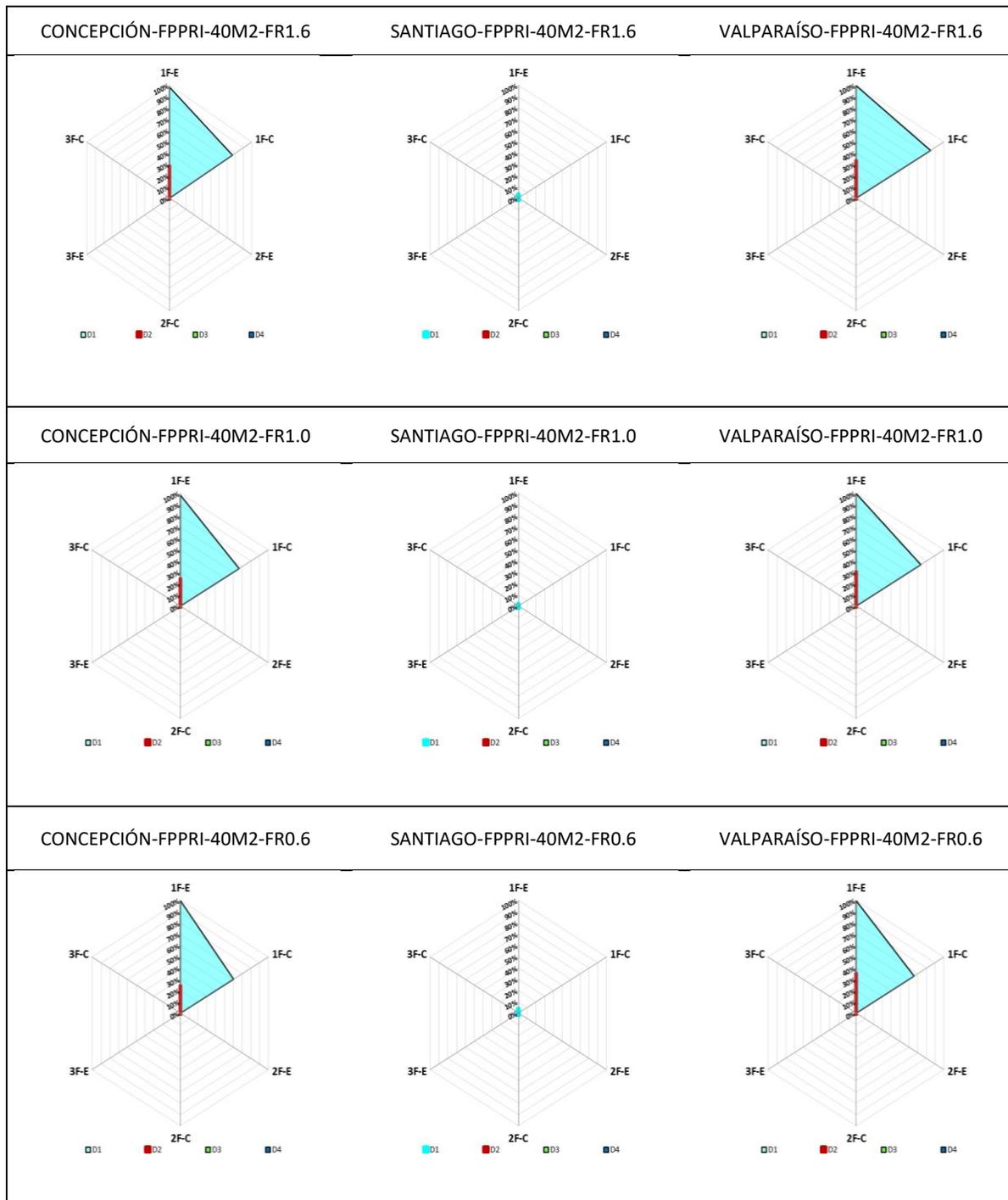


Figura 4.12. Riesgo FPPRI por Ciudades en 40m2 vs Posición y Ratio de Forma

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción, el riesgo en las “Esquinas” del 1^{er} nivel, disminuye 1,4% con FR1.0 permaneciendo constante hasta FR1.6. Por el contrario, en Santiago el riesgo disminuye 60,0% con FR1.0 y aumenta 100% con FR1.6. Valparaíso por su parte, permanece constante en 100% en todas las posiciones de “Esquina”.

Así mismo, al aumentar el FR en las posiciones de “Centro” del mismo nivel, el riesgo aumenta 16,0% y 18,7% en Concepción y Valparaíso con FR1.6 respecto de FR0.6 respectivamente.

Por otro lado al examinar el 2^{do} decil de ingreso se observa en general de los gráficos radiales de la Figura 4.11, que la posición en viviendas de 40m² no tiene influencia; excepto en Santiago, en la posición “Centro” del 2^{do} nivel con FR0.6, donde el riesgo disminuye discretamente 1,4%; sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Así mismo, al analizar el riesgo FPPRI, de los gráficos radiales de la Figura 4.12 se observa que la ubicación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC. Así, la máxima componente de riesgo se presenta en las ciudades de Concepción y Valparaíso en la posición de “Esquina” del 1^{er} nivel en todos los FRs; situándose por debajo de 28,5% y 35,4% respectivamente.

Finalmente todas las situaciones en Santiago, junto con las posiciones “Centro” del 1^{er} nivel y todas las posiciones del 2^{do} y 3^{ro}, en todos los FRs en Concepción y Valparaíso; se mantienen con riesgo 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción y Valparaíso con 25,7% y 33,1% respectivamente. Santiago por su parte, presenta riesgo 0% en todas las posiciones.

Se observa además, en general que el riesgo promedio disminuye al aumentar el nivel o piso de la vivienda en todas las ciudades, excepto en Santiago en todas las posiciones; donde el riesgo promedio es 0%.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción el riesgo promedio solo en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel; aumenta 17,3%. Contrariamente en Valparaíso, el riesgo disminuye 5,7% al aumentar el FR.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso en viviendas de 40m², y observados en los gráficos radiales de la Figura 4.11 (y a diferencia de los análisis anteriores), la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en las siguientes situaciones: Concepción en todas las posiciones del 1^{er} nivel y las “Esquinas” del 2^{do} y 3^{er} en todos los FRs; Santiago en las posiciones de “Esquinas” del 1^{er} y 3^{er} nivel en todos los FRs y las posiciones de “Centro” con FR1.6 y FR1.0 y Valparaíso en el 100% de los Casos.

Así, el valor máximo observado (descartando los casos con 100% de riesgo vistos anteriormente) en Concepción, en la posición “Centro” del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs; se encuentran por debajo de 81,9% y 93,1% respectivamente.

Santiago por su parte, en la posición “Esquina” del 2^{do} nivel en todos los FRs, presenta riesgo por debajo de 86,1% y en la posición “Centro” del 3^{er}, con FR1.6 y FR1.0, por debajo de 66,7%. Sin embargo, el valor máximo es de 98,6%, en la posición “Centro” del 1^{er} nivel con FR0.6.

Además, solo en Santiago en las posiciones “Centros” del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs y FR0.6 respectivamente, el riesgo FPI es 0%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.12, se observa que la ubicación, impacta significativamente la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, teniendo 0% de riesgo, en todas las ciudades y ubicaciones.

Finalmente los análisis del 4^{to} decil de ingreso en viviendas de 40m², y observados en los gráficos radiales de la Figura 4.11 (y a diferencia de los análisis anteriores), la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en las siguientes situaciones: Concepción en las posiciones de “Esquinas” del 1^{er} nivel en todos los FRs y en las posiciones de “Centro” con FR1.6 y FR1.0; Valparaíso en las posiciones de “Esquinas” en todos los niveles y FRs; “Centros” del 1^{er} con todos los FRs; “Centros” del 3^{er} con FR1.6 y FR1.0. Encontrando en todos ellos riesgo FPI de 100%.

Así, el valor máximo observado (descartando los casos con riesgo 100% vistos anteriormente) en Concepción, en la posición de “Esquina” del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs; se encuentra por debajo de 59,0% y 82,6% respectivamente. Así mismo, en la posición “Centro” del 1^{er} nivel con FR0.6, se encuentra el máximo riesgo con 98,6%.

Valparaíso por su parte, en la posición “Centro” del 2^{do} nivel en todos los FRs, el riesgo se encuentra por debajo de 94,4% y en el 3^{ro} con FR0.6, el máximo es de 95,8%.

Santiago por su parte en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} y 3^{er} nivel en todos los FRs, el riesgo se encuentra por debajo de 95,8% y 18,1% respectivamente. Así mismo, en la posición “Centro” del 1^{er} nivel con FR1.6, el riesgo alcanza como máximo 40,3%.

Por otro lado, las ciudades de Santiago y Concepción son las únicas que presentan riesgo 0% en posiciones, tales como: 1^{er} nivel “Centro” con FR1.0 y FR0.6 en Santiago; 2^{do} y 3^{er} nivel posición “Centro” con todos los FRs en Santiago y Concepción; 2^{do} nivel posición “Esquina” con todos los FRs en Santiago.

Finalmente, al examinar el riesgo FPPRI, de los gráficos radiales de la Figura 4.12 se observa que la posición, impacta significativamente la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, resultando todas las ciudades y posiciones con riesgo 0%.

4.3.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 55M2

Como se observa del de los gráficos radiales de la Figura 4.13, en viviendas de 55m2 en el 1^{er} decil, la posición dentro del Bloque de Condominio Social no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, manteniéndose siempre en todas las ciudades y situaciones 100% de riesgo.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.14, se observa que la ubicación impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC; excepto en Concepción y Valparaíso en todas las posiciones del 1^{er} nivel y en todos los FRs, donde el riesgo es 100%.

Luego el máximo riesgo (descartando las situaciones con 100%) en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} nivel en todos los FRs, están por debajo de 52,1% y 51,4% al igual que en el 3^{ro} con 47,9% y 67,4% respectivamente.

Santiago por su parte, en todas las posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel en todos los FRs el riesgo se encuentra por debajo de 95,8%.

Se observa además, que todas las ciudades, FRs y posiciones del 2^{do} y 3^{er} nivel (excepto Concepción en el 2^{do} nivel con FR1.6 y riesgo de 4,2%) se presentan con riesgo 0%.

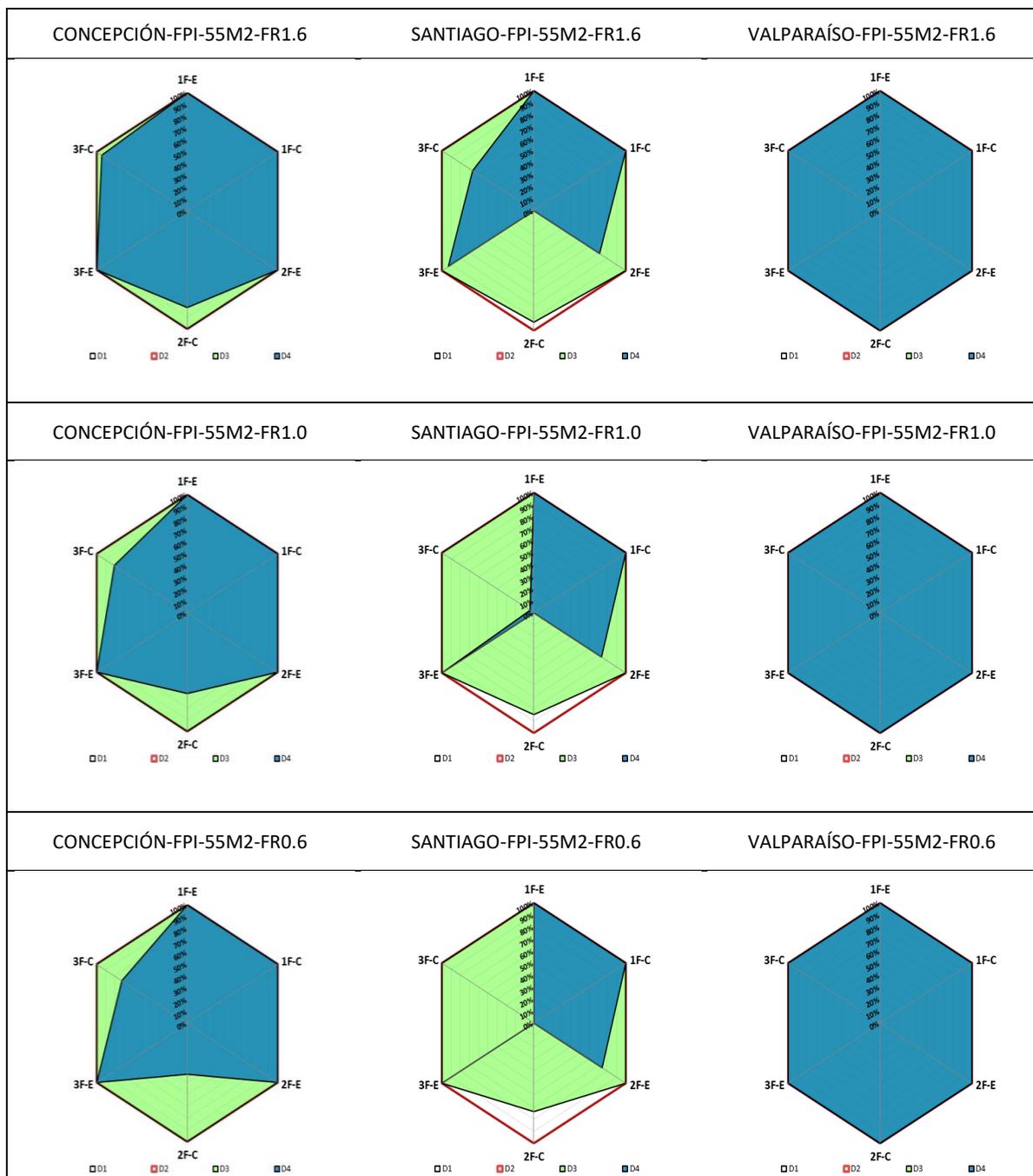


Figura 4.13. Riesgo FPI por Ciudades en 55m2 vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia.

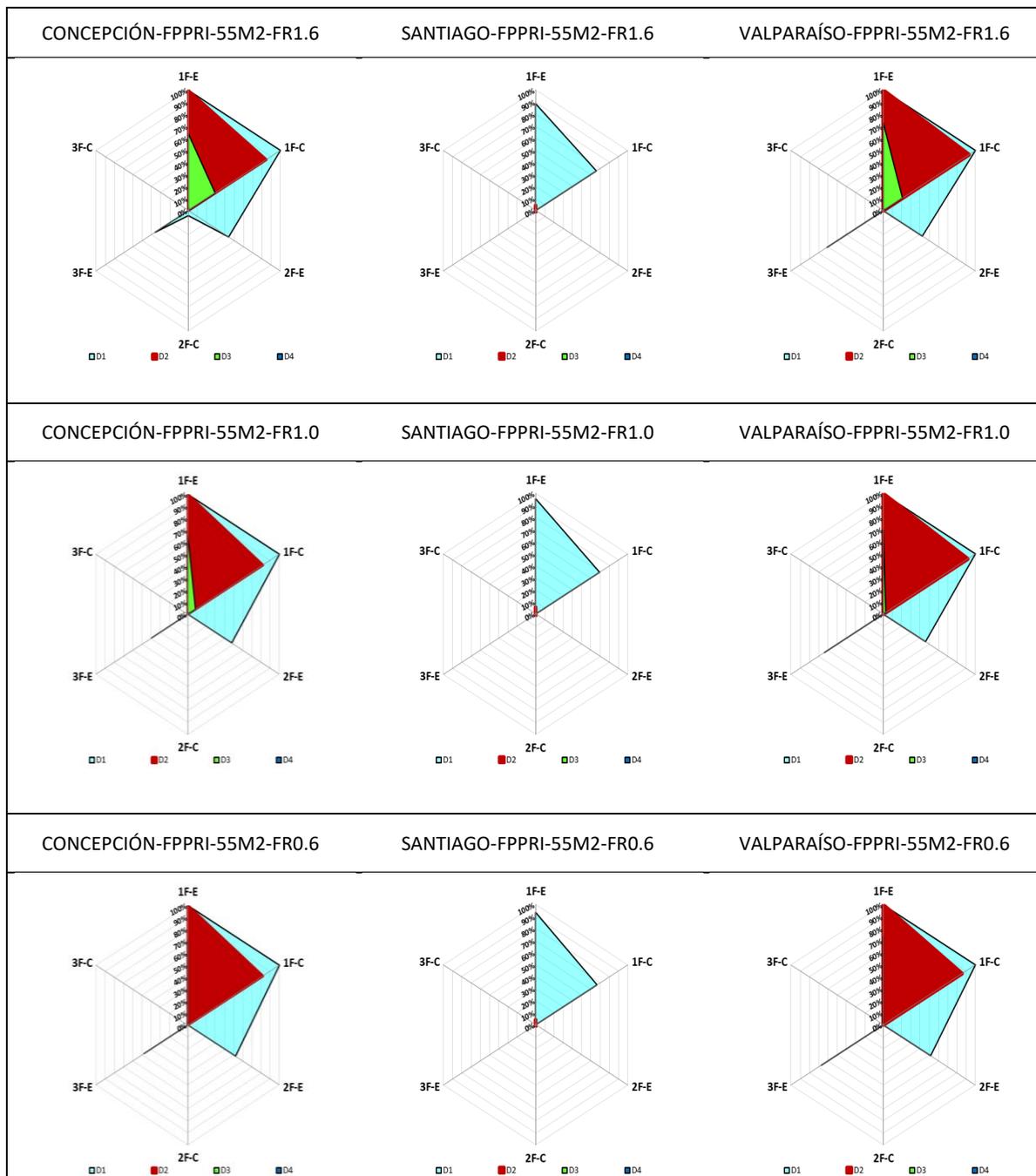


Figura 4.14. Riesgo FPPRI por Ciudades en 55m2 vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con 100%; 92,8% y 100% respectivamente. Sin embargo, Concepción y Valparaíso presentan una segunda posición de riesgo máximo del 100%; en la posición “Centro” del mismo nivel.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones y ciudades, al aumentar el nivel o piso de la vivienda, excepto en Valparaíso en las posiciones de “Esquina”, donde el riesgo mínimo se presenta en el 2^{do} nivel.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción y Valparaíso, el riesgo promedio en las posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel, permanecen constantes en 100%. Sin embargo, en Santiago, el riesgo aumenta con FR1.0 en 2,1% respecto de FR0.6 y luego disminuye 7,2% respecto de FR1.0. Así mismo, al aumentar el FR en las posiciones de “Centro” del mismo nivel, el riesgo se comporta de forma similar en todas las ciudades.

Finalmente solo en las posiciones de “Esquinas” del 2^{do} y 3^{er} nivel, en las ciudades de Concepción y Valparaíso, se observa una cierta tendencia o patrón de comportamiento cuando aumenta el FR; disminuyendo el riesgo, entre 16,0% y 17,5% en el 2^{do} nivel y entre 24,6% y 9,4% en el 3^{ro}, en cada nivel y ciudad respectivamente.

Por otro lado y en relación a lo observado en los gráficos radiales de la Figura 4.13, en viviendas de 55m² en el 2^{do} decil, la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.14, se aprecia que la posición impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC; excepto en las ciudades de Concepción y Valparaíso, posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel en todos los FRs, donde el riesgo se mantiene en 100%.

Así mismo, el máximo riesgo en Concepción y Valparaíso (descartando las situaciones con 100%) se presenta en las posiciones de “Centro” del 1^{er} nivel en todos los FRs; con riesgos por debajo de 84,7% y 93,1% respectivamente. Santiago por su parte, en las posiciones de “Esquina” del mismo nivel, el riesgo se presenta por debajo de 5,6% en todos los FRs.

Finalmente Santiago en las posiciones de “Centro” del 1^{er} nivel, junto con todas las posiciones del 2^{do} y 3^{ro}, en todas las ciudades y FRs; se mantienen con riesgo 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con 100%; 4,6% y 100% respectivamente.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye al aumentar el nivel o piso de la vivienda en todas las ciudades.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción y Valparaíso, el riesgo promedio en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel, permanece constante en 100%. Sin embargo, en Santiago, el riesgo aumenta con FR1.0 en 33,3% respecto de FR0.6 y luego disminuye 33,3% con FR1.6.

Así mismo, al aumentar el FR en las posiciones de “Centro” del mismo nivel, se observa una cierta tendencia o patrón de comportamiento cuando aumenta el FR; aumentando el riesgo entre 3,4% y 9,0% en Concepción y Valparaíso respectivamente.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso, observado en los gráficos radiales de la Figura 4.13, se aprecia que la posición en viviendas de 55m², no tiene influencia (excepto en Santiago, en las posiciones de “Centro” del 2^{do} nivel en todos los FRs; donde el riesgo máximo se encuentra entre 93,1% y 73,6% en estos FRs) sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.14, se observa que la ubicación impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC. Luego, el máximo riesgo en Concepción y Valparaíso en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel; se encuentran por debajo de 71,5% y 73,6% en todos los FRs. Así mismo, en las posiciones de “Centro”, por debajo de 29,2% y 20,8% con FR1.6 y FR1.0, en ambas ciudades y posiciones respectivamente.

Finalmente Santiago en todas las ubicaciones junto con Concepción y Valparaíso en las posiciones de “Esquina-Centro” del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs y “Centro” del 1^{ro} con FR0.6; presentan riesgo 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1er nivel en Concepción y Valparaíso con 67,1% y 72,2% respectivamente. Santiago por su parte, el riesgo promedio en todas las posiciones es 0%.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones y ciudades, al aumentar el nivel o piso de la vivienda, excepto en Santiago en todas las posiciones, donde el riesgo es 0%.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel en Concepción, se observa que el riesgo promedio disminuye 10,6% con FR1.6. Sin embargo, no queda definida su relación con el FR en Valparaíso.

Así mismo, en las posiciones “Centro”, el riesgo aumenta respectivamente en ambas ciudades 29,2 y 20,8 veces respecto de FR0.6.

Finalmente los análisis del 4^{to} decil de ingreso en viviendas de 55m², y observados en los gráficos radiales de la Figura 4.13, se aprecia que la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en las siguientes situaciones: Concepción en todas las posiciones del 1^{er} nivel y en las “Esquinas” del 2^{do} y 3^{ro} en todos los FRs; Santiago en todas las posiciones del 1^{er} nivel en todos los FRs y en el 3^{er} nivel posición de “Esquina” con FR1.0 y FR0.6 y Valparaíso en todas las posiciones, niveles y FRs.

Luego, el valor máximo observado (descartando los casos con 100%) en Concepción y Santiago se concentran en todas las posiciones del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs. Así, Santiago en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} nivel, en todos los FRs, el riesgo se encuentra por debajo de 74,3%. En las posiciones de “Centro”, solo hay riesgo en Concepción no superando el 81,9% en todos los FRs.

Así mismo, en el 3^{er} nivel el riesgo máximo se presenta solo en la posición de “Esquina” en Santiago con FR1.6, siendo este de 93,1%. En las posiciones de “Centro”, el riesgo en Concepción se encuentra por debajo de 94,4% en todos los FRs y 66,7% en Santiago con FR1.6 y FR1.0 respectivamente.

Se observa además, que se mantienen ubicaciones con riesgo 0%, solo en Santiago, posición “Centro” en el 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs y con FR0.6 respectivamente.

Finalmente, al evaluar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.14, se observa que la posición, impacta significativamente la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, resultando todas las ciudades y ubicaciones, (excepto el 1^{er} nivel de “Esquina” en Concepción y Valparaíso en todos los FRs; donde el riesgo FPPRI se encuentra por debajo de 2,8% y 5,6% respectivamente) con riesgo 0%.

Respecto de este último punto, se observan casos únicos en donde tanto el riesgo FPI como el FPPRI son “Cero”. Luego las posibilidades de que estas familias puedan usar estas viviendas, sin caer en algún tipo de riesgo de pobreza de energía, son altas.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción y Valparaíso con 2,5% y 3,0% respectivamente. Santiago por su parte, presenta riesgo 0% en todas las posiciones.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones de “Esquinas” al aumentar el nivel o piso de la vivienda en Concepción y Valparaíso.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en las posiciones de “Esquina” del 1er nivel, solo el riesgo promedio en Valparaíso disminuye 75,0% con FR16.

4.3.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS POSICIÓN EN VIVIENDAS DE 70M2

Según se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.15, en viviendas de 70m² en el 1^{er} decil; la posición no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.16, se observa que la ubicación impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, excepto en Concepción y Valparaíso en todas las posiciones del 1^{er} nivel y en todos los FRs; como así mismo, en las posiciones de “Esquina” del 3^{er} nivel con FR0.6 y en todos los FRs respectivamente. Santiago al igual que Concepción y Valparaíso en todas las posiciones del 1^{er} nivel con FR1.6 y FR0.6, comparten 100% de riesgo.

Luego, el máximo riesgo (descartando las situaciones con 100%) en Concepción y Valparaíso en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} nivel en todos los FRs, se encuentran por debajo de 97,9% y 99,3%; como así mismo, en la posición “Centro”, se presentan por debajo de 50,0% en Concepción y 32,6% en Valparaíso entre FR1.6 y FR1.0.

En el mismo orden anterior, el 3^{er} nivel en ambas ciudades en las posiciones de “Centro”, el riesgo se encuentra por debajo de 43,1% en todos los FRs y 58,3% entre FR1.6 y FR1.0 respectivamente.

En las posiciones de “Esquina” del mismo nivel, solo Concepción se ve afectado, con riesgo por debajo de 92,4% entre FR1.6 y FR1.0.

Se observa además, que Santiago en las todas las posiciones del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs; al igual que Valparaíso con FR0.6, se presentan con riesgo 0%.

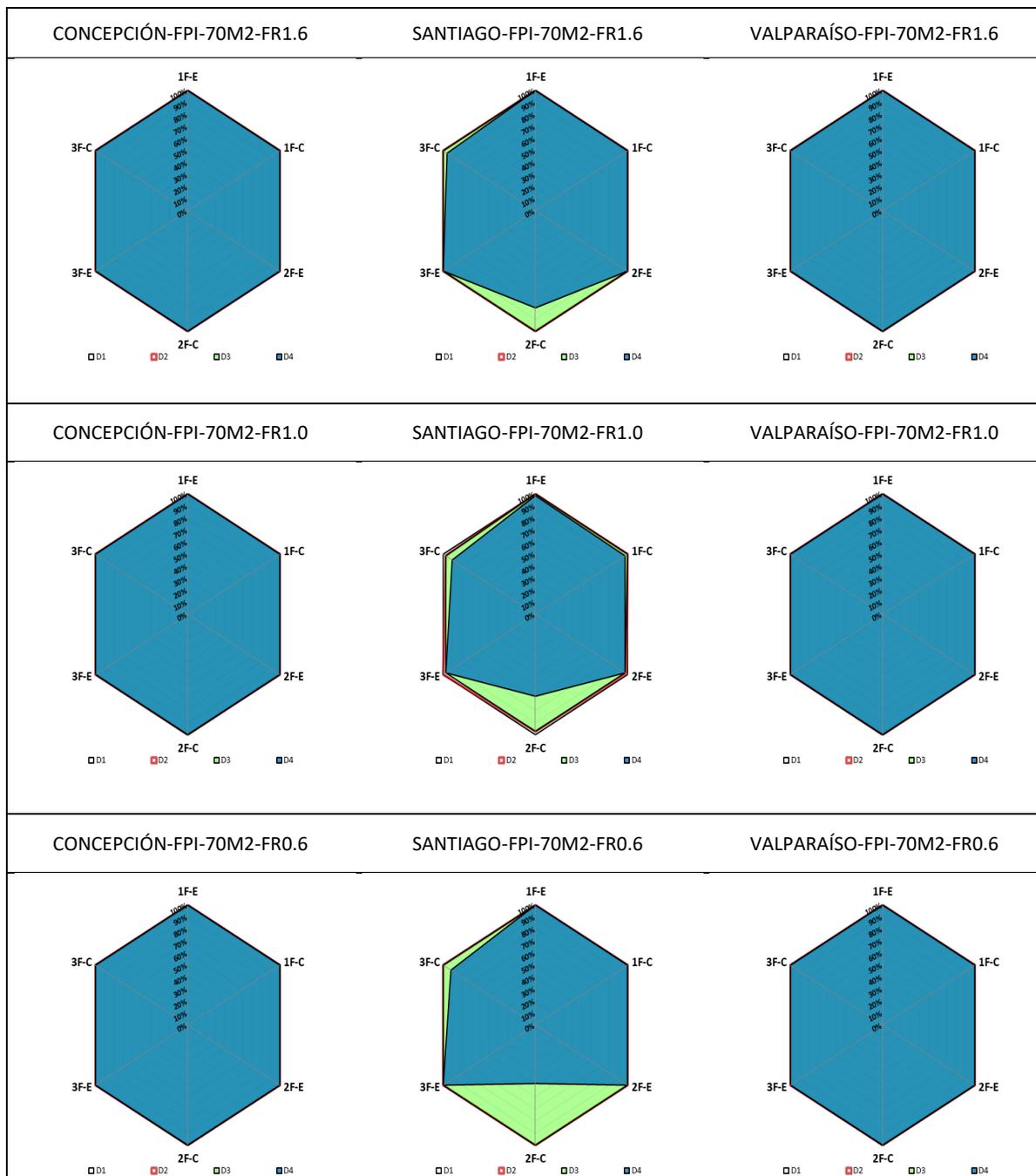


Figura 4.15. Riesgo FPI por Ciudades en 70m2 vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia.

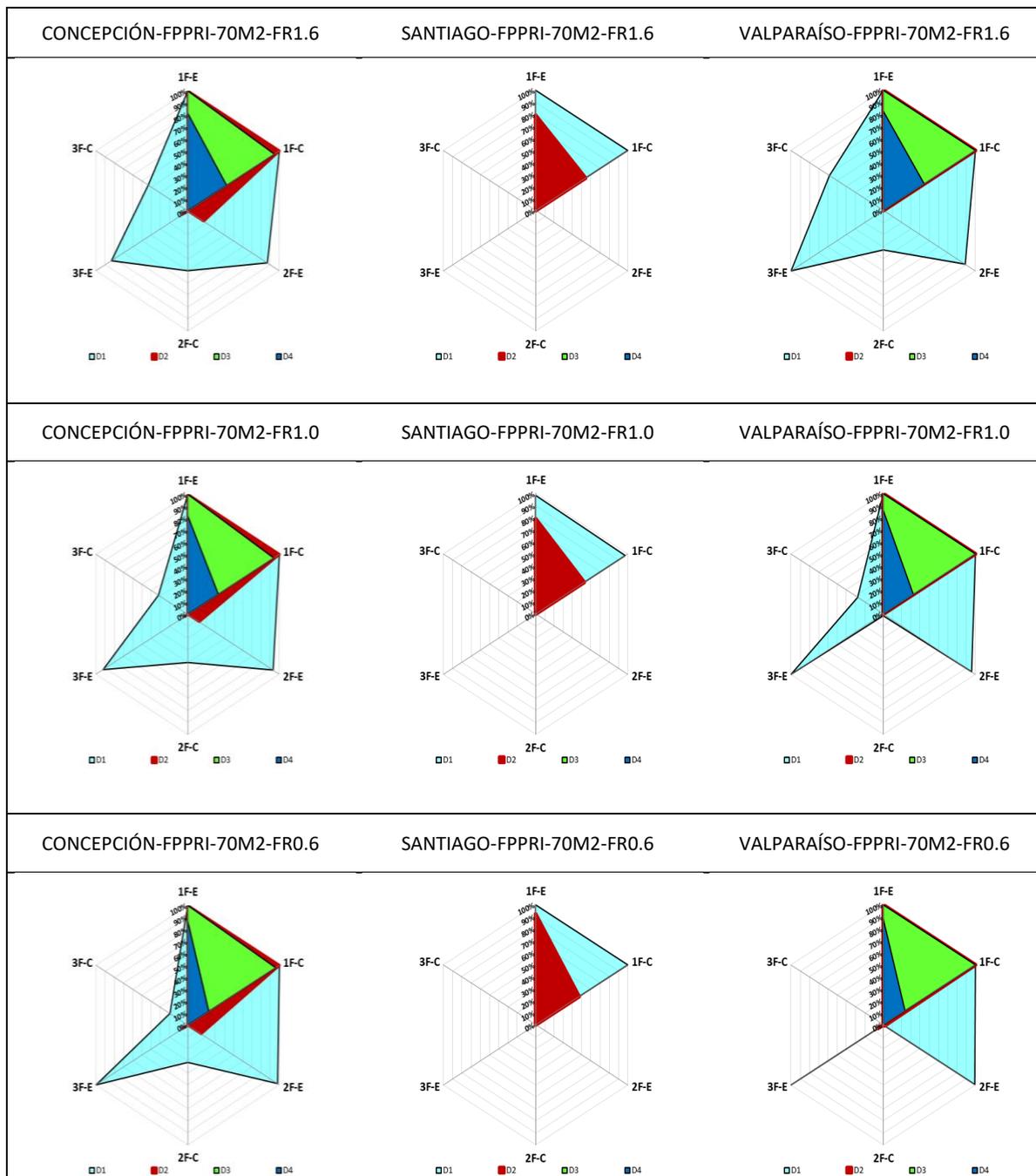


Figura 4.16. Riesgo FPPRI por Ciudades en 70m2 vs Posición y Ratio de Forma. Fuente: Elaboración propia.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con 100%; 99,5% y 100% respectivamente. Sin embargo, Concepción y Valparaíso presentan una segunda posición de riesgo máximo de 100%, en el “Centro” del mismo nivel; como Valparaíso en la posición de “Esquina del 3^{er} nivel.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones y ciudades al aumentar el nivel o piso de la vivienda, excepto en Valparaíso en las posiciones de “Esquina-Centro”, donde el mínimo se presenta siempre en el 2^{do} nivel.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción y Valparaíso, el riesgo promedio en las posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel, permanece constante en 100%. Sin embargo, en Santiago, el riesgo disminuye con FR1.0 1,4% respecto de FR0.6 y aumenta 1,4% respecto de FR1.0. Así mismo, al aumentar el FR en las posiciones de “Centro” del mismo nivel, el riesgo se comporta de forma similar en todas las ciudades.

Por otro lado y solo en las posiciones de “Esquinas” del 2^{do} nivel en las ciudades de Concepción y Valparaíso y en el 3^{er} nivel en Concepción; se observa un patrón de comportamiento cuando aumenta el FR; disminuyendo el riesgo, entre 11,3% y 10,5% en el 2^{do} nivel y 16,7% en el 3^{ro}, en cada nivel y ciudad respectivamente.

Por el contrario, en las posiciones de “Centro” del 2^{do} y 3^{er} nivel, el patrón de comportamiento se invierte; aumentando el riesgo al aumentar el FR, 59,7% y 32,6 veces en el 2^{do} nivel y de 2,2 a 58,3 veces en el 3^{ro}, en cada nivel y ciudad respectivamente.

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.15, en viviendas de 70m² en el 2^{do} decil, la posición no tiene influencia (excepto en Santiago, en todas las posiciones del 2^{do} nivel y en la posición “Centro” del 3^{ro}, todas con FR1.0. Aquí el riesgo puede disminuir como máximo 2,8% en estas ubicaciones) sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.16, se observa que la ubicación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, excepto en las ciudades de Concepción y Valparaíso, posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel en todos los FRs; donde el riesgo se mantiene en 100%.

Así, el máximo riesgo en Concepción y Valparaíso (descartando las situaciones con 100%) se presenta en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} nivel con riesgos por debajo de 17,4% en todos los FRs y 1,4% con FR0.6. Así mismo, las posiciones de “Esquina” del 3^{er} nivel en todos los FRs, se encuentran por debajo de 6,3% y 5,6% entre FR1.0 y FR0.6 respectivamente.

Santiago por su lado, con máximos por debajo de 92,4% en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel y 54,2% en las posiciones de “Centro” en todos los FRs, en el mismo nivel.

Finalmente Concepción y Valparaíso en las posiciones de “Centro” del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs; Valparaíso en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} y 3^{er} nivel con FR1.6-FR1.0 y FR1.6 respectivamente y Santiago en todas las posiciones del 2^{do} y 3^{er} nivel en todos los FRs, presentan riesgo 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1er nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con 100%; 83,6% y 100% respectivamente. Sin embargo, Concepción y Valparaíso presentan una segunda posición de riesgo máximo de 100%, en el “Centro” del mismo nivel.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones y ciudades, al aumentar el nivel o piso de la vivienda, excepto en Valparaíso en la posición de “Esquina”, donde el riesgo mínimo se presenta en el 2^{do} nivel.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en Concepción y Valparaíso, el riesgo promedio en las posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel, permanece constante en 100%. Sin embargo, en Santiago, el riesgo disminuye en la posición de “Esquina” con FR1.0 en 14,3% respecto de FR0.6 para luego permanecer constante y aumenta en la posición de “Centro” en 14,8% respecto de FR0.6.

Así mismo, al aumentar el FR en las posiciones de “Esquina” del 2^{do} y 3er nivel en Concepción, el riesgo mínimo se presenta en FR1.0; quedando indeterminada su relación con el Ratio de Forma. En Valparaíso sin embargo, se observa que el riesgo disminuye con FR1.6 al aumentar el FR, en 1,4 y 5,6 veces respecto de FR0.6 respectivamente.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso en viviendas de 70m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.15, la posición no tiene influencia (excepto en Santiago, en todas las posiciones del 2^{do} y 3^{er} nivel con FR1.0; donde se observa una discreta disminución de 2,8% constante en estas ubicaciones) sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI.

Además, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.16, se observa que la posición, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC, excepto en Concepción y Valparaíso en todas las posiciones del 1^{er} nivel y en todos los FRs.

Así mismo, el máximo riesgo (descartando las situaciones con 100%) en Concepción se encuentra por debajo de 95,8% en la posición “Centro” del 1^{er} nivel en todos los FRs. Por su parte, Santiago presenta un discreto riesgo de 2,8% solo en la posición de “Esquina” también del 1^{er} nivel con FR1.6 y FR1.0.

Por otro lado, en todas las ciudades, posiciones y FRs del 2^{do} y 3^{er} nivel, como así mismo en Santiago en el 1^{er} nivel, posición “Centro” en todos los FRs, como “Esquina” con FR0.6; el riesgo es siempre 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel en Concepción, Santiago y Valparaíso con 100%; 1,9% y 100% respectivamente. Sin embargo, Valparaíso presenta una segunda posición de riesgo máximo del 100%; en la posición “Centro” del mismo nivel.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones y ciudades, al aumentar el nivel o piso de la vivienda, excepto en Santiago en las posiciones “Centro” donde el riesgo es 0%.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel, se observa que el riesgo promedio se mantiene en 100% en todos los FRs en Concepción y Valparaíso. Santiago por su parte, aumenta 2,8 veces a partir de FR1.0, manteniéndose constante.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingresos en viviendas de 70m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.15, la posición de la vivienda, no tiene influencia en el riesgo FPI en ninguna situación en Concepción y Valparaíso. Así mismo, Santiago en el 1^{er} nivel en todas las posiciones y en el 2^{do} y 3^{ro} en las “Esquinas”, ambos con FR1.6 y FR0.6; se presentan situaciones con riesgo máximo del 100%.

Sin embargo, el máximo riesgo (descartando las situaciones con riesgo 100% vistos anteriormente) en Santiago en el 1^{er} nivel, posiciones de “Esquina-Centro” con FR1.0, se encuentra por debajo de

98,6%; en el 2^{do} nivel, posición “Centro” en todos los FRs, se sitúa por debajo de 80,6% y en la posición de “Esquina”, con FR1.0, es de 97,2%.

Así mismo, en el 3^{er} nivel, en todas las posiciones con FR1.0, el riesgo se encuentra por debajo de 97,2% y en la posición “Centro” con FR1.6 y FR0.6, por debajo de 95,8%.

Por otro lado al evaluar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.16, se observa que la posición, impacta significativamente la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC. Luego el máximo riesgo observado en Concepción y Valparaíso, se presenta siempre en todas las posiciones del 1^{er} nivel en todos los FRs; con máximos que se encuentran por debajo de 86,8% y 88,2% en las posiciones de “Esquina” y de 42,4% y 44,4% en las posiciones de “Centro”, en ambas posiciones y ciudades, respectivamente.

Finalmente la ciudad de Santiago en todas las situaciones, junto con Valparaíso y Concepción, en el 2^{do} y 3^{er} nivel en todas las posiciones y FRs, el riesgo se mantiene en 0%.

En relación al riesgo FPPRI por posición y nivel promediado por Ratio de Forma, se observa que las principales componentes de riesgo máximo en Concepción y Valparaíso, se concentran en las posiciones de Esquina del 1^{er} nivel con 83,3% y 85,6% respectivamente. Santiago por su parte, presenta riesgo 0% en todas las posiciones.

Se observa además, que el riesgo promedio disminuye en todas las posiciones al aumentar el nivel o piso de la vivienda en Concepción y Valparaíso.

En este mismo orden de ideas, al aumentar el FR en las posiciones de “Esquina” del 1^{er} nivel, el riesgo promedio disminuye 6,3% en ambas ciudades. Por el contrario en las posiciones “Centro”, el riesgo aumenta 85,1% y 88,1%, respectivamente.

4.3.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

4.3.4.1. POSICIONES DE MAYOR Y MENOR RIESGO PROMEDIO Y RIESGO 100% Y 0%

En relación con ambos indicadores de PE promedio, se observa en general que las posiciones más expuestas al riesgo, son las “Esquinas” del 1^{er} nivel en todos los casos estudiados. Sin embargo, en la medida que aumenta el tamaño de vivienda aparecen las posiciones de “Centro” del 1^{er} nivel

(Concepción y Valparaíso en D1 con 55m2; Concepción D1-D2 y Valparaíso D1-D2-D3 ambas en 70m2 y todas con FPPRI) y “Esquina” del 3^{ro} (Valparaíso D1 en 70m2).

Así mismo, en general la posición con menor riesgo en todos los casos, es el “Centro” del 2^{do} nivel. Sin embargo, en la medida que las viviendas disminuyen en tamaño con bajos ingresos aparecen las posiciones “Centrales” del 3^{er} nivel (Valparaíso D1 en 55m2) y las “Esquinas” del 2^{do} y 3^{ro} (Valparaíso D1 en 40m2) como posiciones de riesgo mínimo.

Sin embargo, solo Concepción en el decil D1, en 55m2-70m2 y D2 en 70m2; el menor riesgo se presenta en el 3^{er} nivel (Ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Posiciones de Mayor y Menor Riesgo Promedio FPI-FPPRI, en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades: Fte: Elaboración Propia

| POSICIÓN-FPPRI 40M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | POSICIÓN-FPPRI 55M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | POSICIÓN-FPPRI 70M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO |
|---------------------------------------|------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------|
| D4 | MIN MAX | | 0% | 0% | 0% | D4 | MIN MAX | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | 0% | D4 | MIN MAX | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | | 0% | |
| D3 | MIN MAX | | 0% | 0% | 0% | D3 | MIN MAX | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | 0% | D3 | MIN MAX | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2E + 3EC}{1E + 1C}$ | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | | |
| D2 | MIN MAX | | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | 0% | D2 | MIN MAX | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | D2 | MIN MAX | $\frac{2C + 3C}{1E + 1C}$ | $\frac{2C + 3C}{1E + 1C}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | | |
| D1 | MIN MAX | | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | $\frac{2EC + 3EC + 1C}{1E}$ | D1 | MIN MAX | $\frac{3C}{1E + 1C}$ | $\frac{2C + 3C}{1E + 1C}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | D1 | MIN MAX | $\frac{3C}{1E + 1C}$ | $\frac{2C}{1E + 1C + 3E}$ | $\frac{2EC + 3EC}{1E}$ | | |
| POSICIÓN-FPI 40M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | POSICIÓN-FPI 55M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | POSICIÓN-FPI 70M2 V/S DECILES | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO |
| D4 | MIN MAX | | $\frac{2C + 3C}{1E}$ | $\frac{2C}{1EC + 2E + 3E}$ | $\frac{2C + 3C + 2E}{1E}$ | D4 | MIN MAX | $\frac{2C}{1EC + 2E + 3E}$ | 100% | $\frac{2C}{1E + 1C}$ | D4 | MIN MAX | 100% | 100% | | $\frac{2C}{1E}$ | |
| D3 | MIN MAX | | $\frac{2C}{1EC + 2E + 3E}$ | 100% | $\frac{2C}{1E + 3E}$ | D3 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{2C}{1EC + 2E + 3EC}$ | D3 | MIN MAX | 100% | 100% | | $\frac{2EC + 3EC}{1E + 1C}$ | |
| D2 | MIN MAX | | 100% | 100% | $\frac{2C}{1EC + 2E + 3EC}$ | D2 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% | D2 | MIN MAX | 100% | 100% | | $\frac{2C + 3C}{1E + 1C + 3E}$ | |
| D1 | MIN MAX | | 100% | 100% | 100% | D1 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% | D1 | MIN MAX | 100% | 100% | | 100% | |

Por otro lado, respecto del riesgo FPI promedio, se observan casos de estudio con riesgo 0% en Santiago, en los análisis 40M2-deciles D3 y D4; 55M2-D4 y en Concepción en 40M2-D4.

En el mismo orden de ideas, existe 100% de riesgo completamente (en todas las posiciones) específicamente en D1 en todos los casos; D2-D3 en Concepción y Valparaíso, en todos los tamaños (excepto Concepción D3 en 40m2); D2 en Santiago-55m2; D4 en Valparaíso-55m2 y en Valparaíso-Concepción en 70m2.

Así mismo, existe 100% de riesgo FPI, pero parcialmente en el decil D2 en 40m2 y 70m2; D3 en todos los tamaños y D4 en 55m2, en Santiago (solo en las posiciones de mayor riesgo). En el

mismo sentido, los deciles D3 y D4 en Concepción en 40m² y 55m² respectivamente y D4 en Valparaíso en 40m².

Respecto del riesgo FPPRI promedio, este alcanza condiciones de riesgo 0% completamente, en todas las ciudades. Específicamente en Santiago, decil D2 con 40m²; D3-D4 en 55m² y D4 en 70m². Así mismo, los deciles D3-D4 en todas las ciudades con 40m².

En concordancia con las ideas anteriores y según las posiciones de menor riesgo vistas en Tabla 4.2; existen también condiciones de riesgo 0% parcialmente en todas las ciudades, tamaños y deciles (excepto Concepción y Valparaíso en D1 con 70m²). Luego el decil D1 en todas las ciudades con 40m²-55m² y Santiago en 70m²; D2 en todas las ciudades y tamaños excepto Santiago en 40m²; D3 en Santiago en viviendas de 70m² y finalmente D3 y D4 en Concepción y Valparaíso con 55m²-70m²; tienen 0% de FP parcialmente.

Profundizando un poco en este último punto, Santiago repite este patrón de comportamiento en D1 con 40m²; D1-D2 con 55m² y D1-D2-D3 con 70m². Además, en todos estos deciles se agrega la posición “Centro” del 1^{er} nivel. En Concepción y Valparaíso, el grupo de posiciones con riesgo 0%, aparecen con mayor intensidad en 55m² con D2-D3-D4.

En el mismo sentido, los deciles D1-D2 en 40m² más la posición “Centro” del 1^{er} nivel en D2; los deciles D2-D3-D4 en 55m² más la posición “Centro” del 1^{ro} en D4 y los deciles D3-D4 en 70m²; en general reportan condiciones de riesgo 0% en todo el 2^{do} y 3^{er} nivel. Sin embargo, a estas locaciones se les debe agregar en 55m², todo D1 en Valparaíso y solo la posición “Centro” del 3^{er} nivel en Concepción, en el mismo decil. Así mismo, en 70m², todo D2 en Valparaíso.

Por otro lado, también existen condiciones de riesgo FPPRI promedio 100% parciales en las posiciones de mayor riesgo, solo en Concepción y Valparaíso en los deciles D1 en 40m²; D1 y D2 en 55m² y D1-D2 y D3 en 70m². Sin embargo, el decil D1 en las posiciones de “Esquina-Centro” del 1^{er} nivel en Santiago en 70m² y “Esquina” en Concepción en 40m²; su riesgo promedio se encuentra muy cercano al máximo, alcanzando 99,3%.

En estos casos y como se mencionó anteriormente, se repite un patrón similar para las “posiciones de riesgo máximo” del 1^{er} nivel en todos los casos. Así, en 40m² el riesgo abarca la

posición de “Esquina” del decil D1; en 55m2 “Esquina-Centro” del D1 más la “Esquina” del D2 y en 70m2 las posiciones de “Esquina-Centro” hasta el decil D3, excepto Concepción en el “Centro”.

4.3.4.2. RELACIÓN DEL RIESGO FPI Y FPPRI EN LOS DISTINTOS NIVELES Y POSICIONES VS EL RATIO DE FORMA

En general, no se observan patrones de comportamiento iguales en todos los casos estudiados. Sin embargo, lo visto en los análisis de la Tabla 4.3, demuestra que es conveniente asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños solo en las posiciones de “Centro” y FRs más grandes, en las posiciones de “Esquina”. Por ejemplo en el caso de las ciudades de Concepción y Valparaíso, en 70m2, para el 1er decil, del 2do nivel, posición “Centro” (2F-C), las flechas rojas indican que el riesgo FPPRI aumenta, cuando el FR crece en esta posición. Por el contrario, en el mismo nivel pero de la posición “Esquina” (2F-E), las flechas azules indican que el riesgo FPPRI disminuye.

Por otro lado, se observa que estas relaciones crecen al aumentar el tamaño de la vivienda con riesgo FPPRI y disminuyen al considerar el indicador FPI. Además, son más representativas en las ciudades de Concepción y Valparaíso, como se observa en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Relación del Riesgo Promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades y Posiciones.

| Relación del Riesgo FPPRI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | | | | | | | | | 55M2 | | | | | | | | | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S |
| 1F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1F-C | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - |
| 2F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Relación del Riesgo FPI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | | | | | | | | | 55M2 | | | | | | | | | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S |
| 1F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2F-C | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - |
| 3F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3F-C | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

4.3.4.3. RELACIÓN DEL AUMENTO DEL NIVEL DE PISO VS EL RIESGO FPI Y FPPRI

Respecto de la relación del riesgo de PE al aumentar el nivel de piso de la vivienda, se observa que no existe un patrón único de comportamiento entre una misma posición y los distintos niveles del bloque de viviendas en todos los casos por igual. Sin embargo, como se observa en la Tabla 4.4, al aumentar de nivel en las posiciones de “Esquina” como de “Centro”, el riesgo FPI alcanza siempre su mínimo valor en el 2^{do} piso. Luego, a partir de este punto, comienza nuevamente a crecer hacia el 3^{er} nivel. Por ejemplo, las ciudades de Concepción y Santiago en viviendas de 40m2, en el decil D3; las flechas de las celdas de color celeste indican que el riesgo al pasar del 1^{er} nivel al 2^{do} en la posición de “Centro” y del 3^{ro} al 2^{do}, disminuye, ubicándose el menor riesgo, como fue mencionado anteriormente, en el 2^{do} nivel de esta posición.

Tabla 4.4. Relación del Aumento del Nivel de Piso V/s el Riesgo FPI-FPPRI en Función del Ingreso, Tamaño y Ciudades y Posiciones.

| Relación del Riesgo FPPRI al Aumentar el Nivel | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | | | |
|--|------|---|-----|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|
| | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S |
| 1F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3F-C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3F-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Relación del Riesgo FPI al Aumentar el Nivel | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | | | |
|--|------|---|-----|---|------|---|-----|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|
| | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | D-1 | | D-2 | | D-3 | | D-4 | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | | | |
| 1F-C | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ |
| 2F-C | - | - | - | - | ↓ | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ |
| 3F-C | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ |
| 1F-E | - | - | - | - | - | ↓ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↓ | - | - | - |
| 2F-E | - | - | - | - | - | ↓ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↓ | - | - | - |
| 3F-E | - | - | - | - | - | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - |

Su comportamiento característico queda definido entonces en las posiciones “Centro” del decil D3 en Santiago y Concepción en 40m2; en las posiciones de “Esquinas” del decil D4, en Santiago y Concepción en 40m2 y Santiago en 55m2; posiciones de “Centro” del decil D4 en Santiago en 55m2 y 70m2, en Concepción con 55m2 y en Valparaíso con 40m2.

No obstante, solo en Santiago, específicamente en 40m²-D2 y 55m²-D3 posiciones de “Centro”; y 40m²-D3 como 70m²-D2 posiciones de “Esquina”; el riesgo a partir de esta posición mínima, aumenta hasta igualarse el 1^{er} nivel con el 3^{er}.

Respecto del riesgo FPPRI, se observa un comportamiento similar al indicador FPI solo en Valparaíso en las posiciones de “Esquina” del decil D1, en 55m²-70m² y D2 en 70m². Como así mismo en la posición “Centro” del D1 en 70m².

En Concepción por su parte y como se representa a través de las flechas de las celdas amarillas de la Tabla 4.4, el riesgo disminuye al aumentar el nivel. Presentándose el menor riesgo en el 3^{er} nivel, en el decil D1 en 55m² y 70m², posiciones de “Esquinas y Centros” y en D2 en 70m², posiciones de “Esquinas”.

4.3.4.4. BRECHA DE REDUCCIÓN MEDIA “BRP” AL CAMBIAR DE NIVEL EN UNA MISMA POSICIÓN

En el mismo orden de ideas y como fue observado en los análisis anteriores, en general, existe menos riesgo en las posiciones de “Centros” que en las “Esquinas”, al igual que en el 2 nivel respecto de los demás en todos los casos. Aumentando además, el riesgo al crecer el tamaño.

Por lo tanto, las viviendas más expuestas a sufrir PE, son las de menor tamaño, como en el caso de 40m², en las posiciones de esquinas. Así, en Santiago el 94,9% de los casos de familias del decil D4, ubicadas en la posición de “Esquina” del 1^{er} nivel, tienen posibilidades de caer en PE al considerar riesgo FPI.

Sin embargo, al cambiar a esta familia al 2^{do} nivel en la misma posición; su riesgo de pobreza se reduce a 0%, es decir su “Brecha de Reducción Promedio, BRP”, máxima es de 94,9%.

Así mismo, en las posiciones de “Centro” del 3^{er} y 4^{to} decil, el riesgo desciende de 99,5% a 0% y de 13,5% a 0% respectivamente. Lo mismo ocurre en Concepción en el 4^{to} decil de 99,5% a 0% al cambiar al 2^{do} y también al 3^{er} nivel.

En 55m² en Santiago también ocurre lo mismo al pasar de 100% a 0% en el 4^{to} decil. En 70m² este fenómeno se observa con menor intensidad. Solo en Santiago, en el 4^{to} decil en las posiciones de “Centro” el riesgo puede pasar de 99,1% a 65,7% en el 2^{do} nivel, con una BRP de 33,4%.

En el mismo orden de ideas, la mayor BRP del riesgo FPPRI, no se presenta en las posiciones de “Centros” como en FPI, en todos los casos por igual. Además, respecto de una misma posición en distintos niveles, se presentan condiciones de riesgo 0% simultáneamente en el 2^{do} y 3^{er} nivel. También se observa que la BRP aumenta en todos los casos en Santiago al crecer el tamaño de la vivienda, al igual que en Concepción y Valparaíso. Sin embargo, en estas dos últimas ciudades y particularmente en D1 posición “Centro” y D2 posición de “Esquina”; la BRP máxima no se presenta en 70m² si no en 55m². Así mismo, en D1 posición de “Esquina”, la BRP disminuye al aumentar el tamaño de la vivienda.

Así mismo, en 40m², se observa que la BRP es mayor en las “Esquinas” que en los “Centros”, en todas las ciudades, disminuyendo al aumentar el decil de ingresos en todos los casos. En efecto, esta relación se mantiene además, en Santiago en todos los tamaños y deciles.

Por su parte, Concepción y Valparaíso en 55m², la BRP es mayor en la posición “Centro” en D1 y en 70m² en D1-D2. En los demás casos, la mayor BRP se presenta en las “Esquinas”.

En consecuencia, la BRP máxima considerando el indicador FPPRI, al cambiar de una posición de riesgo 100% en la “Esquina del 1^{er} Nivel a otra con 0% de riesgo en el 2^{do} y 3^{ro}; ocurre en viviendas de 40m², en Valparaíso en el decil D1, seguido de Concepción con 99,1% y Santiago con 2,5%.

Por su parte en 55m² al pasar de las “Esquinas del 1^{er} nivel a las “Esquinas del 2^{do} o 3^{ro} en el decil D2, la BRP es de 100% en Concepción y Valparaíso y 4,6% en Santiago. Así mismo, del 1^{er} nivel “Centro” al 2^{do} y 3^{er} nivel “Centro” en el decil D1, la BRP es de 100% en Concepción y Valparaíso y 67,4% en Santiago.

Finalmente en 70m², de las “Esquinas” del 1^{er} nivel a las “Esquinas” del 2^{do} y 3^{ro}, la BRP es de 100% en Concepción y Valparaíso y 1,9% en Santiago en D3 y en el “Centro” del decil D2, de 100% en Concepción y Valparaíso y 51,4% en Santiago. Además, la BRP de 100% se repite en D3 en Valparaíso.

4.3.4.5. RANGO DE VARIACIÓN DEL RIESGO PROMEDIO FPI-FPPRI

El rango de fluctuación (Ver Figura 4.17) de las posiciones de mayor riesgo FPI promedio (Esquinas del 1^{er} nivel) en viviendas de 40m², puede variar entre 100% a 94,9% en Santiago y 100% constante en Concepción y Valparaíso entre los deciles D1 al D4. Esto último también ocurre en

viviendas de 55m2 y 70m2 en todas las ciudades y posiciones del 1^{er} nivel y en el mismo intervalo de ingresos. Sin embargo, no hay que perder de vista que en estas ciudades existe además, 100% de riesgo en los deciles D1-D2 en todos los tamaños y en D3-D4 en 55-70m2 (excepto D3 en Concepción con 55m2).

En el mismo sentido, las posiciones de mayor riesgo del 1^{er} nivel “Esquinas con FPPRI promedio en viviendas de 40m2, pueden variar entre 2,5% a 0% en Santiago; 99,1% a 27,5% en Concepción y 100% a 33,1% en Valparaíso entre los deciles D1-D2. Así mismo, en viviendas de 55m2 puede fluctuar entre 92,8% a 4,6% en Santiago entre D1 y D2; 100,0% a 2,5% en Concepción y 100% a 3,0% en Valparaíso entre D1 y D4. Finalmente en 70m2 entre 99,5% a 0,0% en Santiago; 100,0% a 83,3% en Concepción y 100% a 85,6% en Valparaíso entre D1 y D4.

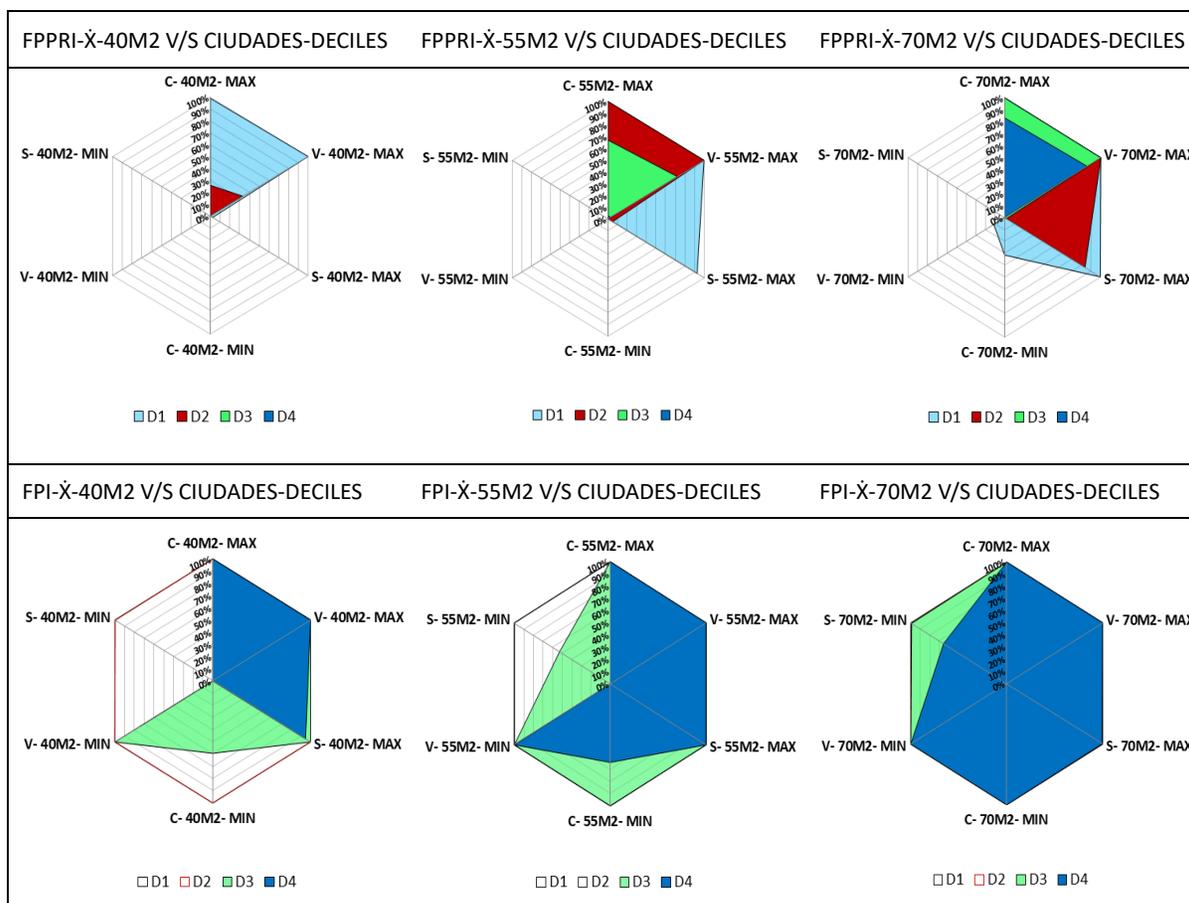


Figura 4.17. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por posición vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con lo anteriormente observado, el riesgo FPPRI promedio máximo entre ciudades en viviendas de 40m2, podría llegar a aumentar en las posiciones de mayor riesgo, 40

veces en Concepción y Valparaíso disminuyendo a 7,7% en 55m² y tan solo 0,5% en 70m², respecto de Santiago en el decil D1.

4.3.4.6. ZONAS DE INDIFERENCIA

Se observan situaciones únicas o “Zonas de Indiferencia”, donde el riesgo FPI como el FPPRI coinciden siendo “Cero”. Es el caso de los análisis en Santiago en viviendas de 40m², decil D3, posición “Centro” del 2^{do} nivel; en 40m² decil D4, posiciones “Centro” del 2^{do} y 3^{ro}, más el 2^{do} nivel posición de “Esquina” y también en 55m² decil D4, posición “Centro” del 2^{do} nivel. Así mismo esta situación también se repite en Concepción en viviendas de 40m², decil D4, posiciones “Centro” del 2^{do} y 3^{er} nivel (que además son las posiciones de menor riesgo vistas anteriormente).

4.4. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis de orientación del sistema de viviendas estudiadas y el efecto sobre el PE que tendrían las distintas familias chilenas clasificadas según los cuatro deciles de ingreso más vulnerables.

Al igual que los análisis anteriores, la influencia de la orientación sobre la PE, se evalúa ordenando en 12 grupos de análisis los resultados y comparando las ocho combinaciones de orientaciones versus los indicadores FPI y FPPRI entre ciudades. Se presentan además, las orientaciones más favorables y desfavorables que podrían ser consideradas en el proceso de asignación de viviendas y los indicadores de PE máximos, mínimos, promedios en cada situación. Así mismo, todos los análisis consideran además, la relación entre las variables de superficie de la vivienda y el Ratio de Forma y su efecto en la PE en cada decil de ingreso familiar estudiado.

Cabe hacer notar que, en algunos casos de estudio los resultados obtenidos en relación al rango de variación o discriminación entre situaciones favorables y no favorables de PE; con sus respectivas diferencias entre valores máximos y mínimos; son exiguos e irrelevantes y sus análisis detallados no agregan mayor valor al estudio. Sin embargo, igualmente son estudiados, dado que, independiente del valor numérico, aportan información respecto del posibles patrones de comportamiento de orientaciones en particular. Según lo anterior, se asume como criterio de irrelevancia, el rango de variación del riesgo menor a 1%.

Al igual que los análisis anteriores, se hace presente que un porcentaje del 100% implica que el valor umbral límite del 10% en gasto máximo de energía para acondicionar térmicamente la vivienda; será excedido en todos los casos. Por el contrario, un porcentaje del 0% implica que el valor límite se encuentra por debajo del umbral del 10% en todos los casos. Por consiguiente, ese hogar podrá pagar su gasto de energía.

4.4.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 40M2

En general, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.18 en viviendas de 40m2 en el 1^{er} decil, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, en todos los casos estudiados el riesgo es siempre 100%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI de los gráficos radiales de la Figura 4.19, se observa que la orientación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar confort adaptativo (AC). Luego las condiciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se encuentran concentradas en el arco azimut de orientaciones “SW-S-SE” en todos los FRs.

El riesgo máximo se encuentra por debajo de 33,3% con FR1.6 en todas las orientaciones en ambas ciudades respectivamente; en todas las orientaciones en Valparaíso y solo en el “S” en Concepción con FR1.0 y solo en el “S” con FR0.6 en ambas ciudades.

Santiago por su parte, las condiciones más desfavorables se presentan en general en las orientaciones “W” y “E”, con un máximo por debajo de 2,8% hacia el “E” con FR0.6.

Se observa además, que solo en Santiago, se alcanzan condiciones de riesgo 0%, en las orientaciones comprendidas entre los arcos “NW-N-NE” y “SW-S-SE” con FR0.6-FR1.0 y “SW-S-SE” junto con la orientación “N” con FR1.6.

Por otro lado, en Concepción y Valparaíso, las orientaciones más favorables, se presentan en general en el arco azimut que va desde el “W” al “E”. El riesgo mínimo es de 23,1% en las orientaciones “NW” y “NE” con FR1.0 en Concepción y 24,1% con FR0.6 en el arco de orientaciones “NW-N-NE” en Valparaíso.

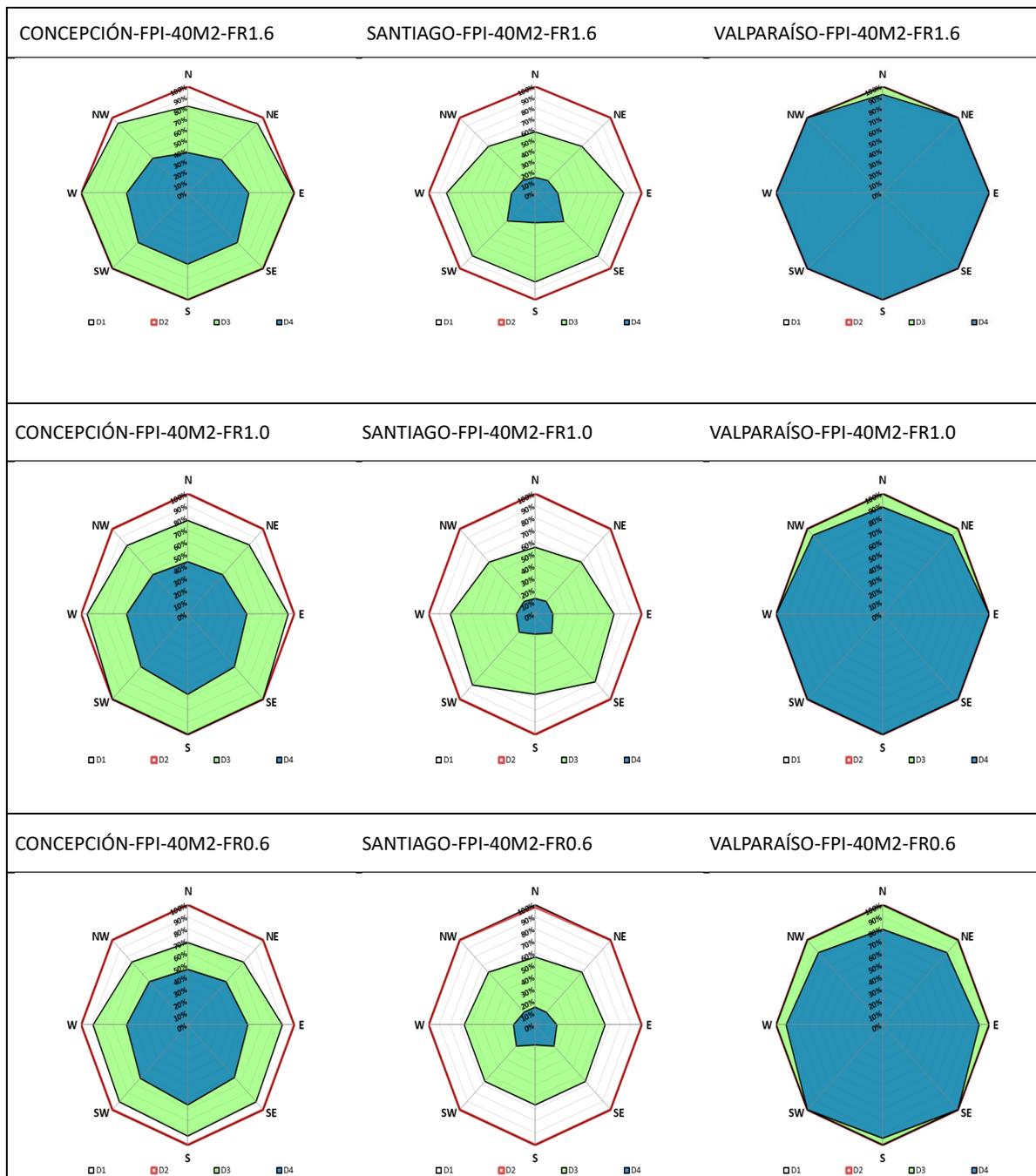


Figura 4.18. Riesgo FPI por Orientación en 40m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

En Concepción además, se observa que en la medida que aumenta el “Ratio de Forma”, aumenta también el FPPRI, solo en las en las orientaciones “N”- “E”-“SE”, “SW”. Valparaíso por su parte en las orientaciones “N”, “W”- “NE”- “NW”.

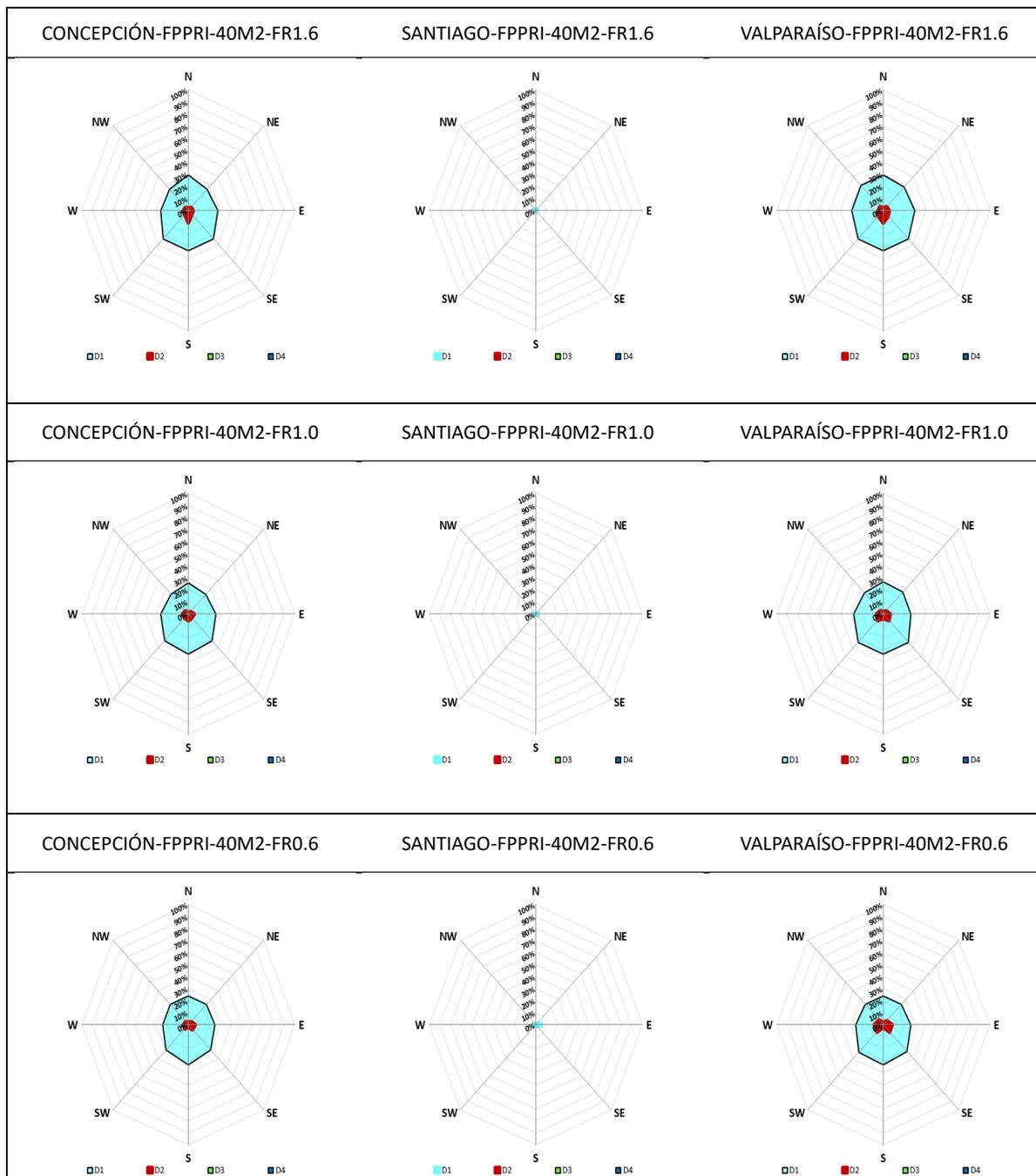


Figura 4.19. Riesgo FPPRI por Orientación en 40m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de forma, Concepción y Valparaíso presentan un valor máximo de 33,3% en la orientación “S”. Así mismo, el mínimo riesgo es de 24,1% en las orientaciones “NE” y “NW” y de 25,9% en la orientación “NE” respectivamente. Por su parte, Santiago presenta un máximo de 1,5% en el “E” y mínimo de 0,3% en las orientaciones “NE” y “NW”.

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.18 en viviendas de 40m² en el 2^{do} decil, la orientación no tiene influencia significativa sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Santiago, en la orientación “N” con FR0.6, donde el riesgo disminuye discretamente 1,9%.

Así mismo, al comparar el indicador de riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.19, se aprecia que la orientación impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar AC. Las orientaciones más desfavorables, en Concepción y Valparaíso se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “E” al “W” en todos los FRs. El máximo FPPRI es de 10,2% en la orientación “Sur” con FR1.6 en ambas ciudades. Santiago por su parte, alcanza condiciones de riesgo 0%, en todas las situaciones.

Así mismo, las condiciones más favorables en Concepción y Valparaíso se encuentran comprendidas en el arco azimut que va desde el “NW” al “NE” en todos FRs. Sin embargo, en Concepción con FR0.6, se observa una singularidad en la orientación “S”, donde el riesgo también es mínimo. Lo mismo se aprecia en Valparaíso con FR0.6 y FR1.0, en la orientación “S” y con FR1.6 en la orientación “W”. Luego, el riesgo mínimo en Concepción es 0% en la orientación “N” con FR1.0 y 1,8% en la orientación “N”, en todos los FRs y en la orientación “S” con FR0.6 en Valparaíso.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo en Concepción y Valparaíso disminuye en la orientación “E” y aumenta en la dirección “S” en ambas ciudades. Así mismo, solo en Valparaíso se puede apreciar que el riesgo disminuye al aumentar el FR en las orientaciones “W”-“SW” y “SE”.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma, en Concepción el máximo es de 5,9% en la orientación “S” y mínimo de 1,2% en el “N”. Valparaíso con máximo de 7,4% en las orientaciones “SE” - “SW” y mínimo de 1,8% en el “N”.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso, según se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.19, y a diferencia de lo visto hasta el momento en viviendas de 40m²; el riesgo FPPRI al considerar AC en todas las ciudades y casos estudiados, es 0%. Así mismo, y según los análisis de los gráficos radiales de la Figura 4.18, la orientación de los sistemas de viviendas impacta en la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en todas los casos y en Concepción en el arco

azimut de orientaciones comprendidos entre el “E” al “W” con FR1.6 y del “SE” al “SW” con FR1.0, donde el riesgo es 100%.

Luego las orientaciones más favorables en Concepción, son en general las comprendidas en el arco azimut de orientaciones que van desde el “NW” al “NE” en todos los FRs, con un mínimo FPI de 68,5% en la orientación “N” con FR0.6. Por el contrario, las orientaciones más desfavorables (descartando las de riesgo 100%) se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “E” al “W”. El máximo FPI es de 94,4% en las orientaciones “E” y “W” con FR1.0.

Santiago, por su parte, las orientaciones más favorables, son en general las comprendidas en el arco azimut de orientaciones que van desde el “NW” al “NE” en todos los FRs. El mínimo FPI, se presenta siempre en la orientación “N” y es de 55,6%, con FR1.0. Por el contrario, las orientaciones más desfavorables, se presentan en general, en el arco azimut de orientaciones que van desde el “E” al “W” con todos los FRs. El máximo FPI es de 83,3% en la orientación “SW” con FR1.0 y en todas las orientaciones del arco “E” al “W” con FR1.6.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPI en Concepción y Santiago, aumenta en la orientación “E” y “W” en ambas ciudades. Así mismo, solo en Santiago se puede apreciar que el riesgo aumenta al aumentar el FR en la orientación “SE”.

Respecto del riesgo FPI promedio por Ratio de Forma en Concepción el máximo es 97,5% en las orientación “S” y 75,9% como mínimo de en la orientación “N”. Santiago por su parte, máximo de 77,8% en la orientación “SW” y mínimo de 56,5% en la dirección “N”.

En Valparaíso y particularmente en este decil de ingreso, se observa una respuesta dicotómica al considerar confort adaptativo en la adaptación al uso de las personas; pasando de riesgo 0% en el primero caso a 100% con sistemas HVAC, en todas las situaciones.

Finalmente en el 4^{to} decil y en forma similar a lo visto anteriormente, según se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.19, el riesgo FPPRI al considerar AC, se mantiene con riesgo 0% en todas las situaciones. Así mismo, y según los análisis de los gráficos radiales de la Figura 4.18, la orientación impacta en la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en todas direcciones, menos el “N”, con FR1.6; el arco azimut de orientaciones comprendidas entre el “E” al “W” con FR1.0 y las orientaciones “SE” y “SW” con FR0.6, donde el riesgo se mantiene en 100%.

Luego las orientaciones más desfavorables en Concepción, Valparaíso y Santiago (descartando las de riesgo 100%) se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “E” al “W” en todos los FRs. Sin embargo, las orientaciones “NW” y “NE” con FR1.6 en Valparaíso, también presentan condiciones adversas. Así, el máximo FPI es de 66,7% en todos los FRs y 94,4% con FR0.6 en la orientación “S”, en Concepción y Valparaíso respectivamente. Santiago por su parte, el máximo riesgo se presenta siempre en la orientación “SE” con un valor de 38,0% en FR1.6.

En el mismo sentido, las orientaciones más favorables en Concepción, Valparaíso y Santiago; son en general las comprendidas en el arco azimut de orientaciones que van desde el “NW” al “NE” en todos los FRs. El mínimo FPI, con orientación predominante, se presenta siempre en la orientación “N” (excepto en Santiago con FR0.6 y orientaciones “NE” y “NW” donde el riesgo mínimo permanece constante en estas tres direcciones) con 38,0% con FR1.6; 79,6% con FR0.6 y 13,0% con FR1.0 respectivamente.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPI en Concepción disminuye en las orientaciones “N” y “NE”. Por el contrario, Valparaíso aumenta el riesgo en las mismas orientaciones agregando asimismo, la orientación “NW”.

Respecto del riesgo FPI promedio por FR en las ciudades de Concepción, Valparaíso y Santiago, se observan máximos de 66,7% en la orientación “S”; 100% en la orientaciones “SE”-“SW” y 28,4% en la orientación “SE” respectivamente. El mínimo con valores de 42,6%, 87% y 14,2% en la orientación “N” en todas las ciudades respectivamente.

4.4.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 55M2

En general, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.20, en viviendas de 55m2 en el 1^{er} decil, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, en todos los casos estudiados el riesgo es siempre 100%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.21, se observa que la orientación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar Confort Adaptativo (AC). Así mismo, en las ciudades costeras se observa un marcado aumento del riesgo FPPRI en la orientación Sur y una disminución importante en el Norte, en todos los FRs. En Santiago, en donde

no es observable este efecto, el riesgo máximo es compartido en igual magnitud en todas las orientaciones del arco azimut que van desde el "SW" al "SE en todos los FRs.

Luego, las condiciones más desfavorables, en Concepción, Valparaíso y Santiago se presentan en general, en todas las ciudades, en el arco azimut de orientaciones "SW-S-SE". En particular la orientación "S", es la de mayor riesgo en todos los FRs en Concepción, con un máximo FPPRI de 68,5% con FR1.6; en Valparaíso 66,7% en todas las orientaciones "Sur" y en todos los FRs y en Santiago, 33,3% en todas las orientaciones del arco azimut "SW-S-SE" y en todos los FRs.

Por el contrario las orientaciones más favorables en Concepción y Valparaíso, son en general las comprendidas en el arco azimut que va desde el "NW" al "NE" y en particular la orientación "N", es la de menor riesgo en todos los FRs. El mínimo FPPRI es de 37,0% con FR1.0 en ambas ciudades; más el Ratio de Forma FR1.6 en Valparaíso. Se observa además en esta ciudad que el menor riesgo en la orientación "N" se hace más predominante en todos los FRs respecto de Concepción. En Santiago, finalmente las orientaciones más favorables, son las "NW" y "NE" en todos los FRs, con un mínimo riesgo de 19,4% con FR1.6 en ambas orientaciones y con FR0.6 en la orientación "NE".

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPI en Concepción y Valparaíso disminuye en las orientaciones "NE" y "NW", como así mismo, en las orientaciones "E" y "W" en Concepción.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso; se observa un máximo de 67,3% y 66,7% en la orientación "S" y mínimo de 38% y 37,3% en la orientación "N" respectivamente en ambas ciudades y orientaciones. Santiago por su parte, el riesgo promedio varía entre 33,3% en todas las orientaciones del arco azimut "SW-S-SE" y mínimo de 20,1% en la orientación "NW".

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.20, en viviendas de 55m², del 2^{do} decil, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, en todos los casos estudiados el riesgo es siempre 100%.

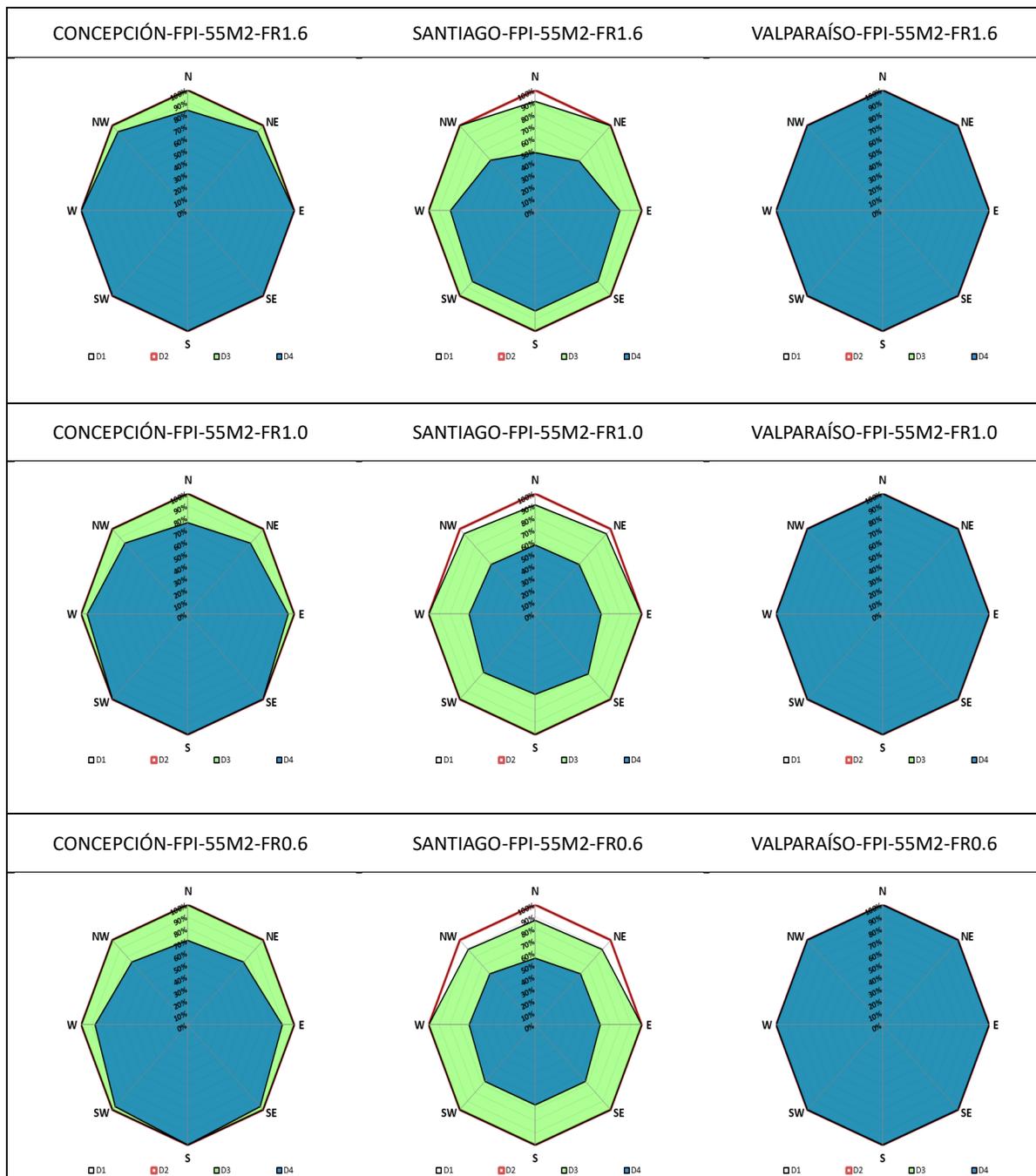


Figura 4.20. Riesgo FPI por Orientación en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, al analizar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.21, se observa que la orientación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar Confort Adaptativo (AC), existiendo condiciones máximas de reducción con riesgo 0% solo en Santiago y en las orientaciones “N” y “S” en todos los FRs; “SW” con FR1.0 y FR0.6 y finalmente “SE” solo con FR0.6.

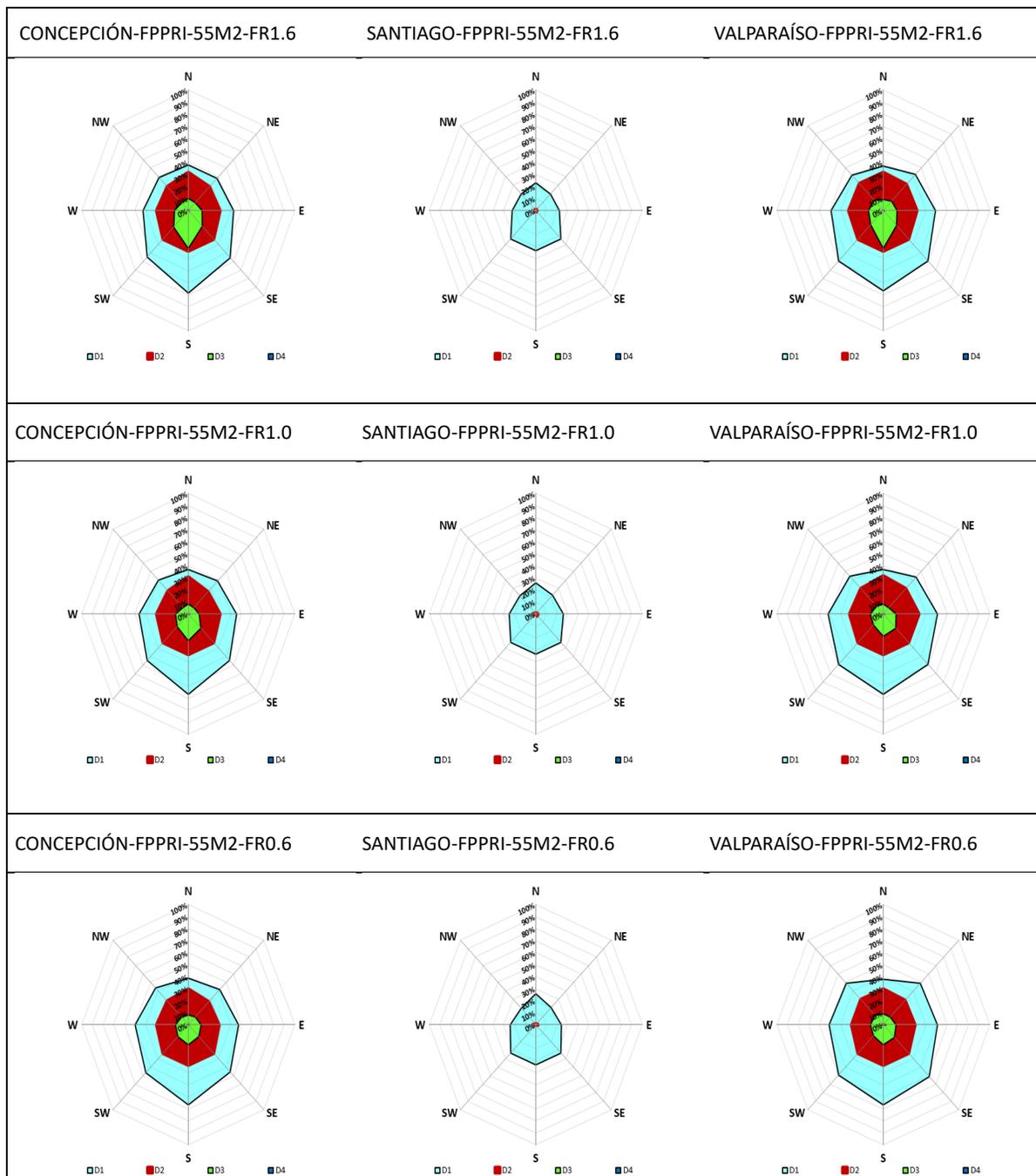


Figura 4.21. Riesgo FPPRI por Orientación en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Luego en Concepción, Valparaíso y Santiago las orientaciones más favorables (descartando las de riesgo 0%) en general, son las “NW” y “NE” en todos los FRs. El mínimo riesgo FPPRI es de 25,9% y 28,7% hacia el “NE” con FR1.0 y FR0.6 respectivamente en Concepción, Valparaíso. Es conveniente aclarar, sin embargo, que solo con FR1.0 en Valparaíso esta situación es predominante. Luego, en los demás Ratios de Forma se observa que la orientación más propicia pasa a ser la “NE”, dado que

las diferencias entre las demás orientaciones de riesgo y el mínimo, son despreciables no superando el 1% entre ellas. Santiago, por su parte el riesgo mínimo se encuentra por debajo de 0,9% hacia el “NE” y el “NW” con FR1.0 y FR0.6.

Por el contrario, las orientaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso, se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “SW” al “SE” en todos los FRs. Con un máximo FPPRI por debajo de 33,3% en todas estas orientaciones, al igual que la orientación “E” solo en Valparaíso con FR1.0. En Santiago, las orientaciones más desfavorables, se presentan en general, en las orientaciones “E”-“W” en todos los FRs. Sin embargo, las orientaciones “SE” con FR1.0 y FR1.6 y “SW”-“NW”-“NE” con FR1.6, también lo son. Luego, el máximo FPPRI es de 1,9% en las orientaciones “E” y “W” con FR1.0 y FR0.6.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPI en Concepción aumenta en la orientación “N”. Así mismo, en Valparaíso también aumenta, pero en las orientaciones “NE” y “W”.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso se observa un valor máximo de 33,3% en ambas ciudades y en todas las orientaciones del arco azimut “SW” al “SE”. Así mismo, el mínimo riesgo se presenta en la orientación “NE”, con un valor de 26,9% y 29,6% respectivamente. Santiago finalmente el máximo riesgo es de 1,5% en las orientaciones “E” y “W” y mínimo de 0% en las orientaciones “N” y “S”.

Del análisis del 3^{er} decil en viviendas de 55m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.20, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, todos los casos el riesgo se mantiene en 100%. Sin embargo, Santiago presenta algunas orientaciones en forma aislada, donde el riesgo disminuye moderadamente. Este efecto se observa en todas las orientaciones del arco azimut comprendido entre el “NW” y el “NE” con FR1.0 y FR0.6 y además, en la orientación “N” con FR1.6. Luego el mínimo riesgo o la máxima reducción de este considerando la orientación, se produce siempre hacia el “N” encontrándose por debajo de 87% con FR0.6.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.21, se observa que la orientación, impacta en la capacidad de reducción del riesgo al considerar confort adaptativo

(AC), existiendo condiciones máximas de reducción con riesgo 0% solo en Santiago en todas las situaciones.

En Concepción, y Valparaíso las orientaciones más favorables, son en general las comprendidas en el arco azimut de orientaciones que van desde el “NW” al “NE” en todos los FRs. El mínimo riesgo FPPRI se encuentra por sobre 7,4% con FR1.0 en las orientaciones “NW” y “NE” y en la orientación “NE” respectivamente. Por el contrario, las orientaciones más desfavorables se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “SE” al “SW”. El máximo FPPRI se encuentra por debajo de 31,5% en la orientación “S” con FR1.6 en ambas ciudades por igual.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPPRI en Concepción y Valparaíso aumenta en las orientaciones “S” y “SE”. Así mismo, Concepción también aumenta, en la orientación “SW”.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso se observa un valor máximo en la orientación “S” de 23,5% y 2,2% correspondientemente. El mínimo es de 8,6% en las orientaciones “NW” y “NE” y 9% en la orientación “N” respectivamente.

Finalmente en el 4^{to} decil, (y a diferencia de lo visto hasta el momento en los análisis de viviendas de 55m²) y según se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.20, la orientación tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en todas las FRs y orientaciones y en Concepción, en el arco de orientaciones “E” al “W” con FR1.6; “SE” al “SW” con FR1.0 y “S” con FR0.6, donde el riesgo se mantiene en 100%.

Luego, en Concepción y Santiago, las orientaciones más favorables según el indicador FPI, son en general las comprendidas en el arco azimut que va desde el “NW” al “NE” en todos los FRs. El mínimo riesgo se presenta siempre en la orientación “N”, con 70,4% en FR0.6 y 48,1% en FR1.6 respectivamente.

Por el contrario, las orientaciones más desfavorables, se presentan en general en ambas ciudades, en el arco azimut que va desde el “E” al “W” con todos los FRs. El máximo riesgo se presenta siempre en la orientación “S” en Concepción con 100%, aumentando el número de orientaciones con riesgo máximo, al aumentar el Ratio de Forma. Así, y como se mencionó en el párrafo anterior, las orientaciones “SE”-“SW” con FR1.0 y “E”-“W” con FR1.6; también alcanzan el máximo valor

observado. De igual modo en Santiago, el máximo riesgo se observa siempre en el arco de orientaciones “SE” al “SW”, excepto con FR1.0 donde predomina el riesgo al “SE”. El valor máximo observado es de 83,3% con FR1.6.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPI en Concepción y Santiago aumenta en la orientación “E” en ambas ciudades. Así mismo, en Concepción también aumenta el riesgo en el arco de orientaciones “NW” al “NE” y en la orientación “SW”. Santiago por su parte, hacia el “SE” y “W”, se observa también un aumento del riesgo.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción se observa un máximo de 100% en la orientación “S” y mínimo de 76,5% en la orientación “N”. Así mismo, en Santiago se observa un máximo de 73,5% en la orientación “SE” y mínimo de 53,7% en la orientación “N”.

Por otro lado, al analizar el comportamiento del riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.21, se observa que el riesgo máximo es marginal en cualquier orientación y FR. Además, en este decil se observan condiciones de riesgo 0% en ambas ciudades, en el arco de orientaciones “SE” al “SW” más la orientación “N” en todos los FRs. Así mismo, las orientaciones “NE” y “NW” con FR1.0 en Concepción como la “NE”-“W” con FR1.6 y “NE”-“NW” con FR1.0 en Valparaíso. Del mismo modo, el riesgo se mantiene es 0% en Santiago en todas los casos analizados. En este sentido, Concepción con FR1.0, presenta un mayor número de orientaciones con riesgo 0%. Por el contrario, Valparaíso con FR0.6, exhibe un menor número.

Luego, las condiciones más desfavorables, en Concepción se presentan en general, en los arcos de orientaciones “NE” al “E” y “W” al “NW” en todos los FRs. Sin embargo, con FR1.0 el número de orientaciones disminuye solo al “E” y “W”. Valparaíso por su lado, las orientaciones más desfavorables, se presentan en la dirección “E” en todos los FRs; “W” con FR0.6 y FR1.0; “NW” con FR0.6 y FR1.6 y “NE” con FR0.6. Luego el máximo riesgo en Concepción es de 1,9% en la orientación “W” con FR1.0 y en Valparaíso 2,8% en las orientaciones “E”-“W” con FR0.6.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPPRI solo en Valparaíso, disminuye en la orientación “W”.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción se observa un máximo de 1,2% en la orientación “W” y mínimo de 0% en el arco azimut “SE-SW” y en la orientación “N”. En

Valparaíso el máximo es de 1,5% en las orientaciones “E” y “W” y mínimo de 0% en el arco azimut “SE-SW” y en la orientación “N”.

4.4.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS ORIENTACIÓN EN VIVIENDAS DE 70M2

En general, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.22, en viviendas de 70m2 en el 1^{er} decil, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, dado que, todos los casos el riesgo se mantiene en 100%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.23, se observa en general que la orientación, impacta en la capacidad de reducción al considerar confort adaptativo (AC) en todas las ciudades. Sin embargo, solo en la orientación “S”, en Concepción y Valparaíso en todos los FRs y con FR1.6 respectivamente, el riesgo se mantiene siempre en 100%.

En Concepción las orientaciones más favorables, son en general hacia el “NW” y “NE”. Valparaíso, en todas las orientaciones que van desde el “NW al “NE”, en todos los FRs y ciudades. En particular, la orientación “NE”, en todos los FRs en Concepción, es la de menor riesgo con 58,3% en FR1.6. Además, la orientación “NW” también es mínima en FR0.6.

Valparaíso, por su lado en FR0.6, el riesgo permanece constante en 66,7% en todas las orientaciones, excepto en la dirección “NE”, donde disminuye discretamente 1%. Luego el riesgo mínimo es de 63,9% en las orientaciones “N” y “NE” en FR1.6 y FR1.0 respectivamente. En Santiago finalmente, las orientaciones más favorables se presentan solo en las direcciones “E” y “W” con riesgo de 30,6% en FR1.0.

Por el contrario, las orientaciones más desfavorables, en Concepción y Valparaíso se presentan en el arco azimut “SW-S-SE” y en particular, la orientación “S” alcanza el máximo riesgo en todos los FRs (excepto en Valparaíso con FR0.6). Luego el máximo riesgo es de 100%, en todos los FRs en Concepción y con FR1.6 en Valparaíso. En Santiago las orientaciones más desfavorables, por lo tanto, se presentan en las restantes orientaciones y FRs, alcanzando un máximo de 33,3% constante.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPPRI en Concepción y Valparaíso aumenta en las orientaciones “SW” y “SE”. Así mismo, en Valparaíso en la orientación “E”, “W” y “S”. Por el contrario, en Concepción, disminuye en la orientación “NE”.

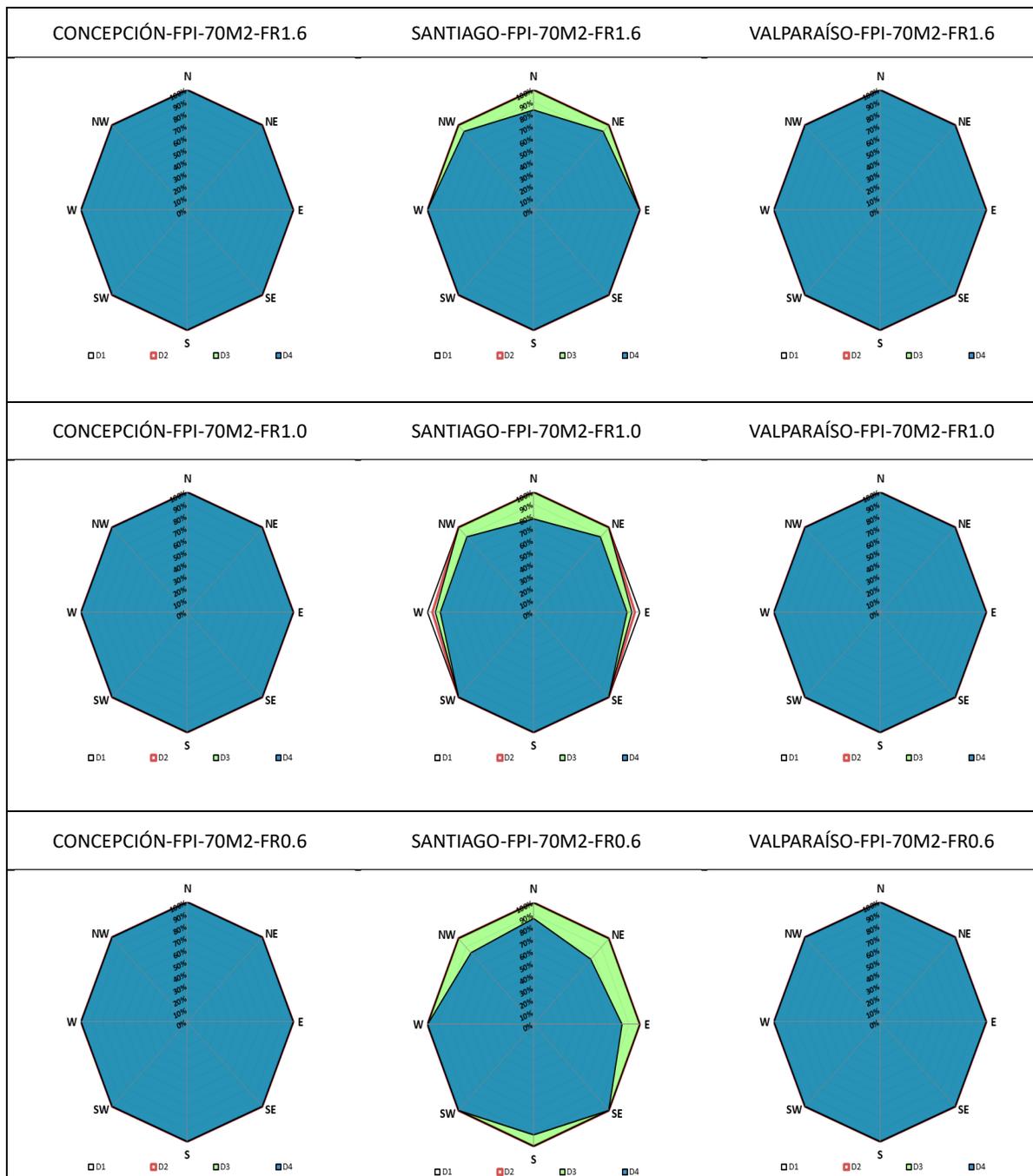


Figura 4.22. Riesgo FPI por Orientación en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso, se observan máximos de 100% y 83,3% en la orientación “S” y mínimos de 63% y 65,4% en la orientación “NE”, en ambas ciudades respectivamente. En Santiago, el riesgo promedio mínimo es de 32,4% en las orientaciones “W-E” y máximo de 33,3% en las demás orientaciones.

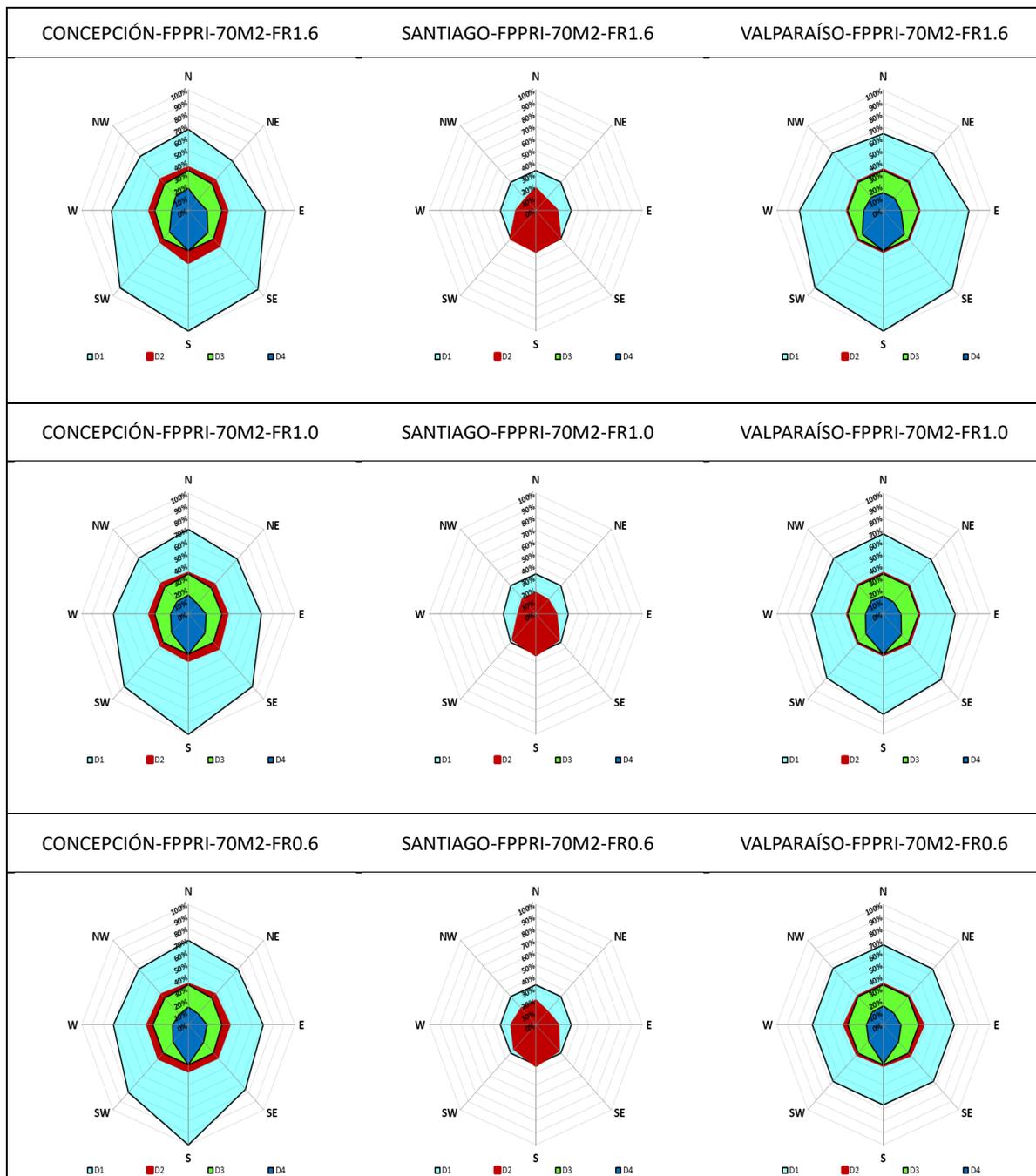


Figura 4.23. Riesgo FPPRI por Orientación en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.22, en viviendas de 70m2 en el 2^{do} decil, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Sin embargo, Santiago en las orientaciones “E” y “W” con FR1.0, el riesgo disminuye discretamente 4,6% respecto de los demás FRs y orientaciones.

Así mismo, al comparar el indicador de riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.23, se observa en general que la orientación impacta en la capacidad de reducción al considerar confort adaptativo (AC) en todas las ciudades. Luego, las orientaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “E” al “W”, en todos los FRs y con FR0.6 (excepto la orientación “S”) respectivamente. Santiago por su parte, desde el “SE” al “SW” en todos los FRs.

Así, el máximo FPPRI se encuentra por debajo de 42,6% en la orientación “S” con FR1.6 en Concepción; 37% en la orientación “E” con FR0.6 en Valparaíso y 33,3% hacia el “S” en todos los FRs en Santiago.

Por el contrario, las orientaciones más favorables en Concepción, Santiago y Valparaíso con FR0.6, se presentan en general en el arco de orientaciones “NW” al “NE” en todos los FRs. Luego el riesgo mínimo en Concepción y Valparaíso es de 33,3%, en la orientación “N” con FR1.0-FR0.6 y todo el arco de orientación “NW” al “NE” incluyendo el “S” con FR0.6, respectivamente. En Santiago el riesgo mínimo se encuentra por sobre 13,0% en las orientaciones “NW” y “NE” con FR1.6.

Cabe hacer notar que todas las orientaciones en Valparaíso, con FR1.6 y FR1.0 (excepto el “SE” con este último) el riesgo permanece constante igual a 33,3%.

Se observa además, que cuando aumenta el FR, el riesgo FPPRI en Concepción y Santiago aumenta en las orientaciones “SE” y “SW” respectivamente. Por el contrario, Valparaíso y Santiago disminuyen en la orientación “SE” y “NW” respectivamente.

Respecto del riesgo promedio por Ratio de Forma en Concepción, se observa un máximo de 39,5% en las orientaciones “S”-“SW” y mínimo de 34% en la orientación “N”. Valparaíso, máximo de 34,6% en la orientación “E” y mínimo de 33,3% en las orientaciones “N”-“S”-“NW”-“NE”. Y Santiago finalmente, máximo de 33,3% en la orientación “S” y mínimo de 14,5% en el “NE”.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso en viviendas de 70m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.22, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Sin embargo, Santiago en las orientaciones “E” y “W” con FR1.0, el riesgo disminuye 7,4% respecto de los demás FRs y orientaciones.

Por otro lado, al comparar el indicador de riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.23, se observa en general que la orientación, impacta en la capacidad de reducción al considerar confort adaptativo (AC) en todas las ciudades; presentándose además, condiciones de riesgo 0% en Santiago, en todas las orientaciones con FR0.6 y en los arcos de orientaciones “N-NE” y “SE-S” con FR1.0 y FR0.6. Valparaíso por su parte, el riesgo permanece constante e igual a 33,3% en todas las orientaciones y FRs.

Luego en Concepción, las orientaciones más favorables, son en general las comprendidas en los arcos “NE-E” y “W-NE” en todos los FRs, excepto la orientación “W” con FR0.6. El mínimo FPPRI es de 30,6% hacia el “NE” con FR1.0.

Las orientaciones más desfavorables, en Concepción se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “SE” al “SW” más la orientación “N” en todos los FRs. Así mismo con FR0.6, la orientación “W” también presenta una condición adversa. El máximo FPPRI se presenta siempre en estas orientaciones, alcanzando 33,3% constante en todos los FRs. Santiago por su parte, el riesgo se presenta en forma marginal, no superando el 1% en el arco azimut de orientaciones “E-SE” y “W”-“NW”.

En este decil de ingreso además, no se observa relación entre el aumento del Ratio de Forma y el riesgo FPPRI, en ningún caso.

Respecto del riesgo promedio máximo por Ratio de Forma en Concepción es de 33,3% en el arco azimut de orientaciones “SE”-“SW” más la orientación “N” y mínimo de 31,2% en la orientación “NE”.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingresos en viviendas de 70m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.22, la orientación no tiene influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en Concepción y Valparaíso. Sin embargo, Santiago presenta condiciones favorables en todas las orientaciones y FRs del arco “NW” al “NE”; las orientaciones “W” y “E” con FR1.0 y “E” y “S” con FR0.6. Luego el mínimo riesgo en este sentido, se presentan siempre en la orientación “N” con FR1.0 y FR1.6 y “NE” en FR0.6 con un mínimo de 75,9% en este último Ratio de Forma.

Por otro lado, al comparar el indicador de riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.23, se observa en general que la orientación, impacta en la capacidad de reducción al considerar confort

adaptativo (AC) en todas las ciudades; presentándose además, condiciones de riesgo 0% en Santiago, en todas las orientaciones y FRs.

Luego en Concepción y Valparaíso, las orientaciones más favorables, en general, son las comprendidas en el arco azimut que va desde el “W” al “E” en todos los FRs. Los mínimos se presentan siempre en la orientación “NE” en Concepción con FR1.0 y FR1.6 y “NW” con FR0.6. En Valparaíso también hacia el “NE” en todos los FRs. Sin embargo, la orientación “N” con FR1.6, también presenta una condición propicia en esta ciudad. Así, el riesgo mínimo en Concepción es 12,0% en todos los FRs y en Valparaíso de 13,9% con FR0.6 y FR1.0.

Por el contrario, las orientaciones más desfavorables en estas ciudades, se presentan en general, en el arco azimut que va desde el “SE” al “SW” en todos los FRs. Los máximos riesgos se presentan siempre en la orientación “S”, con un valor de 33,3% constante en todos los FRs. Excepto en Valparaíso con FR0.6, donde el máximo es de 32,4%.

En relación al aumento del FR, considerando el riesgo FPI se puede observar en Santiago que, este aumenta en las orientaciones “NE”-“NW”-“E” y disminuye hacia el “N”. Así mismo, considerando el indicador FPPRI en Concepción y Valparaíso se observa que este aumenta en las orientaciones “SE” y “SW”, en ambas ciudades. Así mismo, Concepción también aumenta en las orientaciones “N” y “NW” y Valparaíso en la “W”.

Respecto del riesgo promedio FPPRI por Ratio de Forma, en Concepción y Valparaíso se encuentra un máximo de 33,3% en la orientación “S” y mínimo de 12,3% y 14,2% hacia el “NE” respectivamente. Santiago por su parte, considerando el indicador FPI, presenta un máximo promedio de 100% en las orientaciones “SE”-“SW” y mínimo de 82,7% en la orientación “N”.

4.4.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

4.4.4.1. ORIENTACIONES DE MAYOR Y MENOR RIESGO PROMEDIO Y RIESGO 100% Y 0%

En relación con ambos indicadores de PE promedio, y como se observa en general en la Tabla 4.5, las orientaciones más expuestas al riesgo son las comprendidas entre el arco azimut que va desde el “SW al SE” y las menos, del “NW al NE” en todos los casos estudiados.

Tabla 4.5. Orientaciones de mayor y menor riesgo promedio FPI-FPPRI, en función del ingreso, tamaño de superficie y ciudades: Fuente: Elaboración propia.

| POSICIÓN-FPPRI 40M2 V/S DECILES | | | | POSICIÓN-FPPRI 55M2 V/S DECILES | | | | POSICIÓN-FPPRI 70M2 V/S DECILES | | | | | | |
|---------------------------------|------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|----|------------|-----------------------|---------------------------------|--|----|------------|----------------|-----------------------|--|
| | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO |
| D4 | MIN MAX | 0,0% | 0,0% | 0,0% | D4 | MIN MAX | $\frac{S+N+SE+SW}{W}$ | $\frac{S+N+SE+SW}{W-E}$ | 0,0% | D4 | MIN MAX | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{NE}{S}$ | 0,0% |
| D3 | MIN MAX | 0,0% | 0,0% | 0,0% | D3 | MIN MAX | $\frac{NE-NW}{S}$ | $\frac{N}{S}$ | 0,0% | D3 | MIN MAX | $\frac{NE}{S}$ | 33,3% 33,3% | $\frac{S-N-SW}{W-E}$ |
| D2 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | $\frac{N}{SE-SW}$ | 0,0% | D2 | MIN MAX | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{S-N}{W-E}$ | D2 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | $\frac{S+N+NE+NW}{E}$ | $\frac{NE}{S}$ |
| D1 | MIN MAX | $\frac{NE-NW}{S}$ | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{S+N+SE+SW}{E}$ | D1 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | $\frac{N}{S}$ | $\frac{NW}{S-SE-SW}$ | D1 | MIN MAX | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{NE}{S}$ | $\frac{W-E}{S-SW-SE}$ $\frac{N-NW-NE}{S}$ |
| POSICIÓN-FPI 40M2 V/S DECILES | | | | POSICIÓN-FPI 55M2 V/S DECILES | | | | POSICIÓN-FPI 70M2 V/S DECILES | | | | | | |
| | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO |
| D4 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | $\frac{N}{SW-SE}$ | $\frac{N}{SE}$ | D4 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | 100% | $\frac{N}{SE}$ | D4 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{N}{SW-SE}$ |
| D3 | MIN MAX | $\frac{N}{S}$ | 100% | $\frac{N}{SW}$ | D3 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{N}{SW-SE-S}$ $\frac{W-E}{W-E}$ | D3 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{W-E}{SW-SE-S}$ |
| D2 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{N}{100\%}$ | D2 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% | D2 | MIN MAX | 100% | 100% | $\frac{W-E}{SW-SE-S}$ |
| D1 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% | D1 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% | D1 | MIN MAX | 100% | 100% | 100% |

Sin embargo, de los 72 casos promedios analizados con riesgo FPPRI-FPI, existen 8 casos donde se observan algunas singularidades y en particular, donde el riesgo promedio máximo es marginal y/o cuando la diferencia entre el máximo y el mínimo tiende a 0%.

En estas circunstancias, y considerando el indicador FPPRI, las componentes de mayor riesgo tienden a ubicarse generalmente en las orientaciones “W” y/o “E” y las menores, en los arcos “SW al SE” y/o “NW” al “NE”. Sin embargo, Santiago, en el decil D1 con 70m2 y además en las condiciones de riesgo FPI, estas componentes de riesgo ocurren en sentido inverso. En el mismo sentido, otras características que definen las situaciones anteriormente descritas son: riesgo mínimo de 0% con FPPRI y máximo de 100% con FPI.

Así, con riesgo FPPRI, estas situaciones se presentan en Santiago en los deciles D1 con 40m2, D2 con 55m2 y D1-D3 con 70m2; además en Concepción y Valparaíso en el decil D4 con 55m2. Por su parte con riesgo FPI acontece en Santiago en 70m2 y en los deciles D2-D3.

En estos casos particulares existe en general, un mayor número de posiciones con riesgo 0% o bien, brechas entre el riesgo máximo y mínimo que son despreciables. Por lo tanto, se estima que la influencia que podrían tener estas situaciones sobre las orientaciones con mayor o menor riesgo, es marginal y se consideran irrelevantes frente a los demás casos estudiados.

Por otro lado, también se observa que el riesgo FPPRI máximo tiende a estabilizarse no superando 33,3% en todas las orientaciones. Esto ocurre particularmente en Santiago, en el decil D1 en 55m²-70m² y en Valparaíso-Concepción con D1 en 40m², D2 en 55m² y D3 en 70m².

Luego, generalizando los resultados se tiene que con el indicador FPPRI, la orientación “Sur” representa aproximadamente el 70% de los casos analizados con riesgo promedio máximo y las orientaciones “Noreste” y “Norte”, las de riesgo mínimo con 46,2% cada una.

Así mismo, con riesgo FPI la orientación “Norte” constituye el 83,3% de los casos analizados con riesgo mínimo y las orientaciones “Sureste”, “Sur”, “Suroeste” las de riesgo máximo con 58,3%, 50% y 50% respectivamente.

Por otro lado, respecto del riesgo FPI promedio visto en general en la Tabla 4.5, se observan casos de estudio con riesgo 100% completamente (en todas las orientaciones) específicamente en D1 en todos los casos; D2-D3 en Concepción y Valparaíso, en todos los tamaños (excepto Concepción D3 en 40m²); D2 en Santiago-55m²; D4 en Valparaíso-55m² y en Valparaíso-Concepción en 70m².

Así mismo, existe 100% de riesgo FPI, pero parcialmente en Santiago (en las posiciones de mayor riesgo y considerando las singularidades vistas anteriormente) en el decil D2 en 40m² y 70m²; D3 en 55m²-70m² y D4 en 70m². En el mismo sentido, el decil D4 en Concepción con 55m² y en Valparaíso con 40m².

Respecto del riesgo FPPRI promedio, no se observan condiciones de riesgo 0% completamente, pero si parcialmente, en todas las ciudades y en algunas condiciones específicas. Así y según lo detallado en los análisis anteriores, estas situaciones se presentan en Santiago en los deciles D1 con 40m², D2 con 55m² y D3 con 70m²; además de Concepción y Valparaíso en el decil D4 con 55m².

4.4.4.2. RELACIÓN DEL RIESGO FPI Y FPPRI POR ORIENTACIONES VS RATIO DE FORMA

En general, al analizar la relación del riesgo FPI-FPPRI por orientaciones en función del Ratio de Forma, según los resultados apreciados en la Tabla 4.6, no se observan patrones de comportamiento iguales en todos los casos estudiados. Sin embargo, considerando el indicador de riesgo FPI conviene asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños, en el 92,3% de las combinaciones de orientaciones, tamaños, ciudades y deciles específicos que aseguran un menor

riesgo de FP. Por ejemplo en viviendas de 40m2 en Concepción, para el decil D4, las flechas azules indican que las orientaciones del arco azimut comprendido entre el “N al NE”, el riesgo FPI disminuye al crecer el FR, por lo tanto, en estas orientaciones conviene asignar viviendas con un mayor Ratio de Forma.

Tabla 4.6. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y Orientaciones: Fuente: Elaboración propia.

| Relación del Riesgo FPPRI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | | | | | | | | | 55M2 | | | | | | | | | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S |
| N | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - |
| NE | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| E | ↑ | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SE | ↑ | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - |
| S | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SW | ↑ | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NW | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - |

| Relación del Riesgo FPI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | | | | | | | | | 55M2 | | | | | | | | | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S |
| N | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↓ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NE | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↓ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ |
| E | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ |
| SE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SW | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NW | - | - | - | - | - | - | ↑ | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ |

Estas situaciones se presentan en forma más frecuente en casos tales como: Concepción en el arco azimut de orientaciones que van desde el “W” al “E” (en sentido horario) en 40m2 y 55m2 en los deciles D3 y D4 respectivamente y de igual forma en Santiago en las orientaciones que van desde el “E” al “SE” más la dirección “W”, en los mismos tamaños y deciles respectivamente.

Así mismo, solo conviene asignar FR mayores en 7,7% de las combinaciones en Concepción, arco “N” al “NE” en 40m2 y decil D4.

En el mismo orden de ideas, considerando el indicador de riesgo FPPRI, conviene asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños, en el 71,4% de las combinaciones más frecuentes, que en general están situadas en Concepción y Valparaíso en todos los casos y en Santiago en 70m2, decil D2. Todas ellas además, en lugares específicos del arco de orientaciones que va desde el “SW” al “SE”. Por ejemplo en viviendas de 70m2 en Valparaíso, para el decil D1, las flechas rojas indican

que en las orientaciones del arco azimut comprendido entre el “E” al “SW”, el riesgo FPPRI aumenta al crecer el FR, por lo tanto, en estas orientaciones conviene asignar viviendas con un menor Ratio de Forma.

En concordancia con lo anterior, solo conviene asignar FR mayores en el 28,6% de las combinaciones, que van por ejemplo, en las mismas ciudades anteriores, en el arco de orientaciones “W” al “E” (excepto la dirección Norte) en 40m² decil D2; 55m²-D1 y 70m² D1-D2.

Por otro lado, se observa que estas relaciones tienden a crecer al aumentar el tamaño de la vivienda con riesgo FPPRI y disminuyen al considerar el indicador FPI. Además, son más frecuentes en las ciudades de Concepción-Valparaíso con riesgo FPPRI y en Santiago-Concepción con FPI (ver Tabla 4.6).

4.4.4.3. RANGO DE VARIACIÓN DEL RIESGO PROMEDIO

En general el rango de variación del máximo riesgo FPI promedio “entre deciles” en viviendas de 40m², se puede observar en los gráficos radiales de la Figura 4.24. En este sentido, las orientaciones de mayor riesgo pueden fluctuar entre 77,8% a 28,4% en Santiago; 97,5% a 66,7% en Concepción y 100% en Valparaíso entre los deciles D3 al D4. Así mismo en 55m² de 100% a 73,5% en Santiago; 100% en Concepción y en Valparaíso 100% constante en todas las orientaciones y entre los deciles D3-D4.

Finalmente en 70m² el riesgo máximo es 100% constante en todas las orientaciones y deciles en Concepción y Valparaíso y 100% en las orientaciones de mayor riesgo en Santiago en el intervalo de deciles D2 al D4.

En 40m² el rango de variación promedio entre el máximo y mínimo riesgo FPI “por tamaño de vivienda y deciles”, acontece solo en Santiago, entre 100% a 99,4% en el decil D2. Así mismo, en D3 puede fluctuar entre 77,8% a 56,5% en Santiago y 97,5 a 75,9% en Concepción. Finalmente en D4 el riesgo puede variar entre 28,4% a 14,2% en Santiago; 66,7% a 42,6% en Concepción y 100% a 87,0% en Valparaíso.

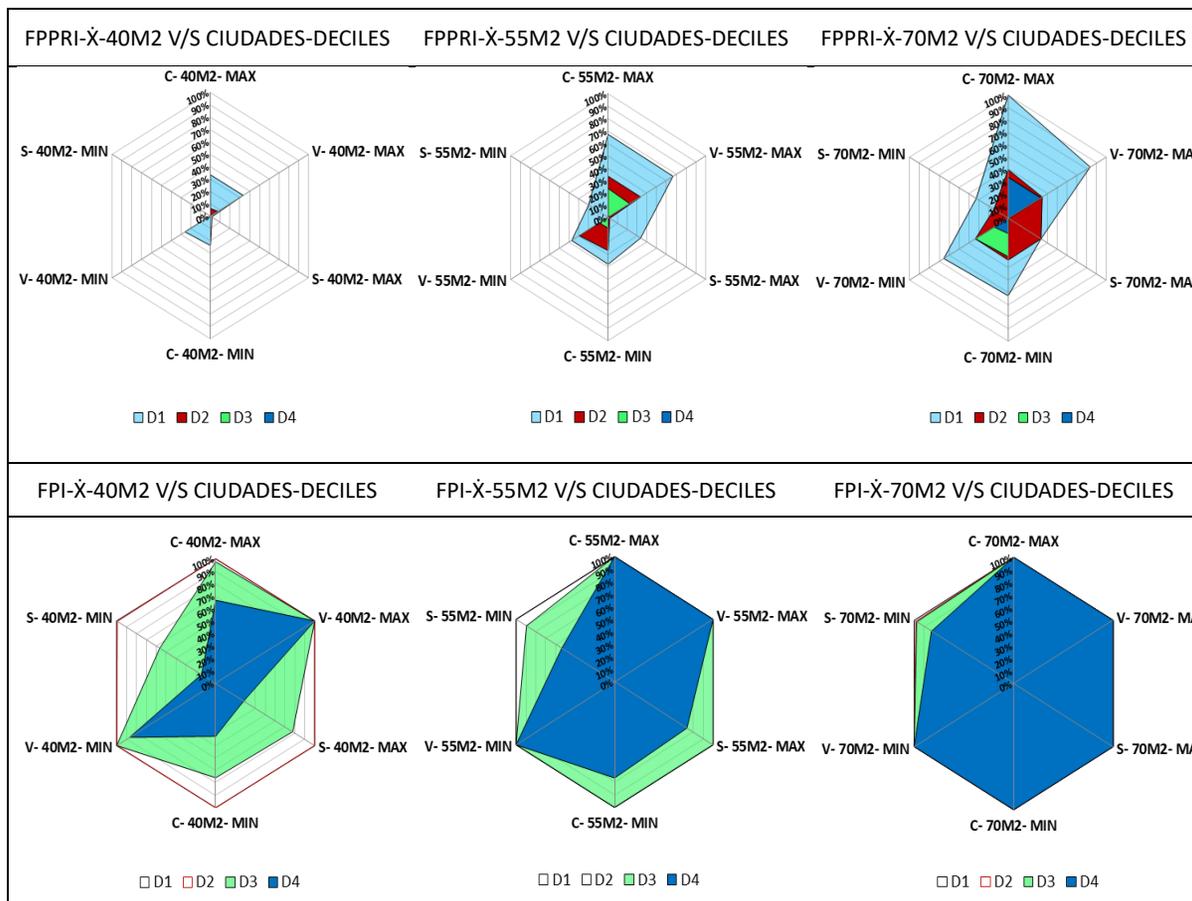


Figura 4.24. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por Orientación vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos.
 Fuente: Elaboración propia.

En concordancias con los puntos anteriores, el rango de variación promedio entre el máximo y mínimo riesgo FPPRI “por tamaño de vivienda y deciles” se encuentra entre 33,3% a 24,1% en Concepción; 33,3% a 25,9% en Valparaíso y de 1,5% y 0% en Santiago en D1. Por su parte el riesgo en el decil D2, solo fluctúa en Concepción y Valparaíso entre 5,9% a 1,2% y de 7,4% a 1,9% respectivamente en 40m2.

En 55m2 el rango de variación promedio entre el máximo y mínimo riesgo FPI “por tamaño de vivienda y deciles” se presenta solo en Santiago, entre 100% a 89,5% en el decil D3. Finalmente en D4 entre 73,5% a 53,7% en Santiago y de 100% a 76,5% en Concepción.

En el mismo sentido el riesgo FPPRI fluctúa entre 33,3% a 20,1% en Santiago; 67,3% a 38% en Concepción y 66,7% a 37,3% en Valparaíso, y en las mismas orientaciones del decil D1.

Por su parte en D2 el riesgo varía marginalmente de 1,5% a 0% en Santiago; de 33,3% a 26,8% en Concepción y de 33,3% a 29,6% en Valparaíso y en las mismas orientaciones.

En D3 el riesgo solo varía en Concepción y Valparaíso entre 23,5% a 8,7% y de 22,2% a 9,0 % respectivamente. Finalmente en D4 los riesgos son marginales pudiendo fluctuar entre 1,2% a 0% en Concepción y de 1,5% a 0% en Valparaíso en las orientaciones Oriente y Poniente.

En 70m² el rango de variación promedio entre el máximo y mínimo riesgo FPI “por tamaño de vivienda y deciles” ocurre solo en Santiago entre 100% a 98,5% en D2; 100% a 97,5% en D3 y de 100% a 82,7% en D4.

Así mismo, el riesgo máximo FPPRI en el decil D1 en Santiago, se mantiene igual que en viviendas de 55m² en 33,3% en el mismo decil. Sin embargo, el riesgo mínimo se reduce tan solo 2,7% respecto del máximo. Luego, Concepción y Valparaíso el riesgo podría variar entre 100% a 63,0% en Concepción y de 83,3% a 65,4% en las mismas orientaciones que en Valparaíso.

Por su parte el riesgo en D2 en Santiago, se mantiene en 33,3% al igual que en D1. Sin embargo, el riesgo mínimo, es 55,2% menor que en D1. En Concepción y Valparaíso el riesgo máximo y mínimo varía entre 39,5% a 34,0% y de 34,6% a 33,3% respectivamente, manteniéndose aún mayor el riesgo máximo en Concepción, pero con una brecha menor, de 4,9% de diferencia respecto de Valparaíso.

La variación del riesgo promedio máximo en el decil D3, se presenta solo en Concepción entre 33,3% a 31,2%. Valparaíso mantiene un valor constante en todas las orientaciones de 33,3% y Santiago presenta una fluctuación marginal de 0,6% a 0%.

Finalmente, en D4, el riesgo promedio máximo en Concepción y Valparaíso se mantiene en 33,3% en ambas ciudades y para el riesgo mínimo de 12,3% en Concepción y 14,2% en Valparaíso.

4.4.4.4. BRECHA DE REDUCCIÓN MEDIA “BRP” AL CAMBIAR DE ORIENTACIÓN

Respecto de la Brecha de Reducción Promedio “BRP” al cambiar de una orientación, en general, de mayor a otra de menor riesgo, se observa en el gráfico de la Figura 4.25, no existiendo un patrón de comportamiento único aplicable para todos los casos estudiados.

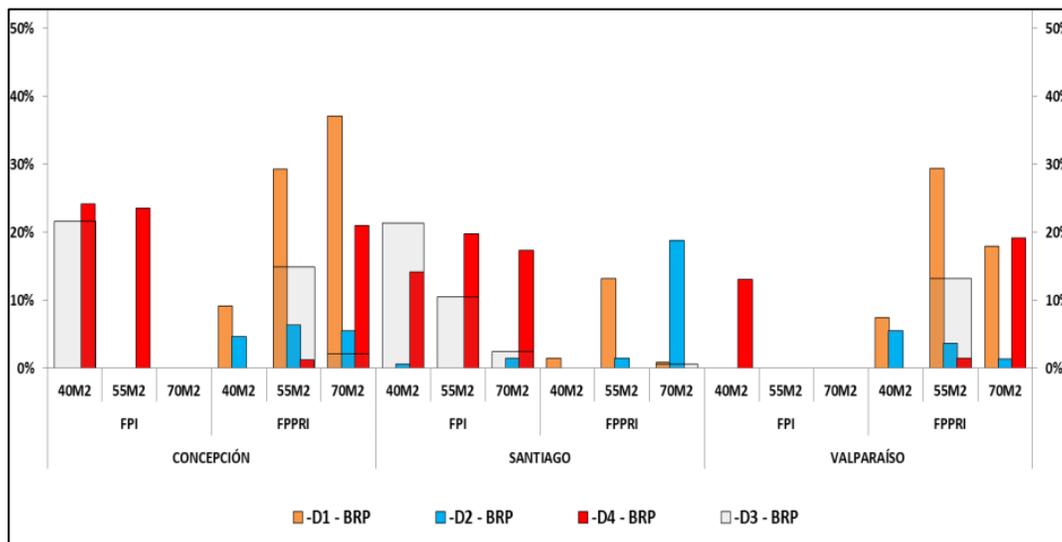


Figura 4.25. BRP vs FPI-FPPRI, tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la BRP al considerar el riesgo FPI, en general se produce en los deciles de mayor ingreso, con un máximo de 24,3% en 40m2 en la ciudad de Concepción y al cambiar la orientación de la vivienda del “S” al “N” en el decil D4.

Por otro lado, Santiago en este mismo decil, solo se logra una BRP de 14,2%, del “SE” al “N”, seguido de Valparaíso con 13,0% del “SW” y “SE” al “N”. Así mismo, se observa que esta ciudad es la segunda con mayor BRP, 21,3%, pero en D3, un decil de ingreso más bajo al cambiar del “SW” al “N”.

Finalmente se observa que la BRP disminuye al aumentar el tamaño de la vivienda, en el decil D3 en Santiago y en D4 en Concepción. Así mismo, aumenta en general, al crecer el nivel de ingreso, excepto en Santiago en 40m2, donde se reduce del 3^{ro} al 4^{to} decil en 33,3%.

En el mismo orden de ideas, la máxima BRP al considerar el indicador de riesgo FPPRI, se presenta en general, en los deciles de menor ingreso (D1) excepto en 70m2 en Santiago y Valparaíso. En este sentido, la máxima BRP es de 37,0% en 70m2 en Concepción en el decil D1 y al cambiar del “S” al “NE”; seguido de Valparaíso con 29,4% en 55m2, en el mismo decil, del “S” al “N”. Finalmente en Santiago la BRP es de 18,8% en el decil D2, al cambiar de la orientación, al igual que en Concepción, del “S” al “NE”.

También se observa que, la BRP aumenta al crecer el tamaño de la vivienda, solo en Concepción, en D1 y D4; Valparaíso en D4 y Santiago en D2. Por el contrario, disminuye en Valparaíso en el

decil D2. Por último, la BRP aumenta al crecer el nivel de ingresos en todas las ciudades en 40m² y en Santiago en 55m².

4.5. INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

Con el objeto de analizar la situación del bloque de viviendas en relación a su entorno urbano; se modelaron nueve posibles “Combinaciones de Obstáculos Remotos” (en adelante según Tabla 3.1 como COR) que representan distintos escenarios de sombras, las que limitan la capacidad de asoleamiento de las viviendas aumentando su demanda de energía y riesgo de pobreza.

Estos análisis, se caracterizarán por la posición y el tamaño de supuestos elementos constructivos, (bloques de viviendas, casas, muros adyacentes, entre otros obstáculos) que se encuentran externamente ubicados a una determinada distancia mínima de la calle, “D”, con medidas de 3,00-4,36 y 5,71 (m). Así mismo se consideran distancias verticales del elemento respecto de la superficie del terreno, “H”, con alturas de 4,00-6,30 y 8,60 (m).

Estas medidas fueron desarrolladas considerando, el ángulo de inclinación solar en el escenario más desfavorable del año (solsticio de invierno) en la ciudad de Concepción y que luego son incorporadas como parámetros de configuración del proceso de simulación, en todas las ciudades.

Respecto del riesgo energético, se analizan a continuación los dos tipos de indicadores, FPI-FPPRI, que son usados en los estudios anteriores y que permiten observar la capacidad y las circunstancias en las que una determinada COR, pudiera afectarlos. Esto combinando además, la operación anual de la vivienda con sistemas activos y mediante modelos pasivos de adaptación de las personas al clima (confort adaptativo).

Al igual que los análisis anteriores, se utilizan los niveles máximos y mínimos de riesgo como también los valores promedios por “Combinaciones de Objetos Remotos”; “Ratios de Forma” y por “Tamaños de Superficie”.

4.5.1. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 40M²

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.26, en viviendas de 40m² en el 1^{er} decil, las Combinaciones de Objetos Remotos (COR) analizadas, no tienen influencia sobre la

capacidad de reducción del riesgo FPI en este decil de ingreso, dado que, en todas las situaciones el riesgo se mantiene siempre en 100%.

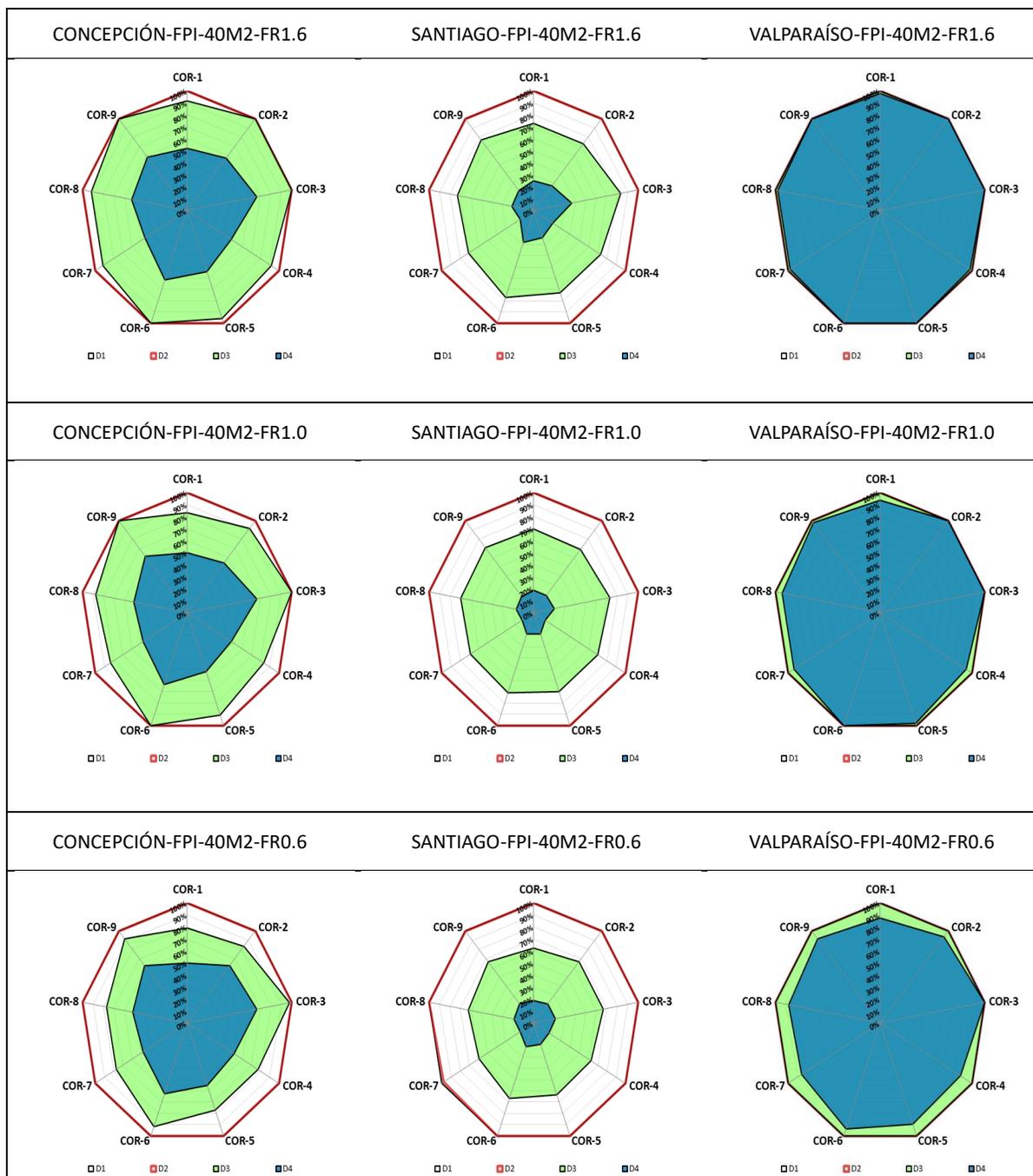


Figura 4.26. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 40m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.27, se aprecia que las COR, si impactan en términos de reducción del riesgo al considerar confort adaptativo (AC).

Luego, el riesgo FPPRI máximo, que resume las condiciones más desfavorables observadas en Concepción y Valparaíso, se encuentran en las combinaciones COR-2-3-6-9 en todos los FRs; con un valor por debajo de 33,3%. Además, en viviendas con FR1.6 en Valparaíso, se agregan las combinaciones COR-1-5 y en Concepción COR-5; en igualdad de condiciones.

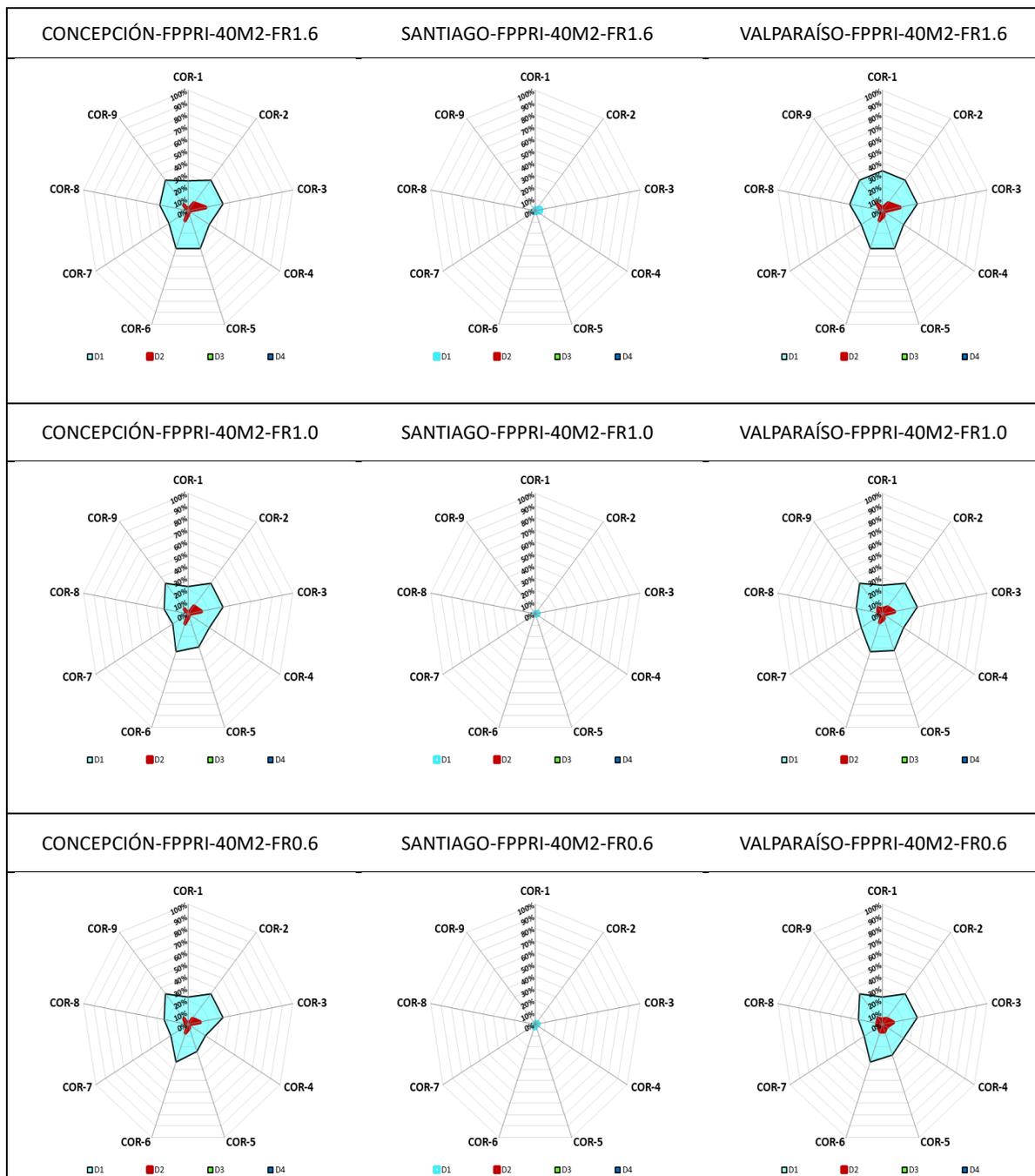


Figura 4.27. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 40m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

En Santiago, existe una marcada predominancia de riesgo en COR-3 en todos los FRs, agregando además, en viviendas con FR0.6, las combinaciones COR-2-6. Luego, el riesgo máximo se encuentra por debajo de 4,2 % en COR-3 con FR1.6 en esta ciudad. Así mismo, solo Santiago presenta condiciones de riesgo 0% en las demás combinaciones.

Así mismo, las situaciones más favorables en Concepción se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs, con un mínimo de 16,7%, en COR-7 y FR1.0. Valparaíso, en las combinaciones COR-4-7 en todos los FRs con mínimo de 19,8%, en COR-7 y FR0.6 y Santiago, en COR-1-4-5-7-8-9, en todos los FRs con riesgo 0% en todos los casos anteriores.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso el riesgo aumenta al aumentar el FR en COR-5; Valparaíso lo hace además en COR-1-8 y Santiago el riesgo tiende a permanecer constante con el FR.

En relación al riesgo FPPRI máximo y mínimo por combinaciones, promediado por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso, se presentan en los mismos grupos COR-2-3-6-9 y COR-7 en ambas combinaciones y ciudades respectivamente. Así, el máximo riesgo es de 33,3% en las dos ciudades y el mínimo de 18,8% y 21,9% correspondientemente. Santiago por su parte, el máximo se presenta en COR-3 con 2,8% y mínimo de 0% en las combinaciones COR-1-4-5-7-8-9.

Por otro lado, y como se observa en general en los gráficos radiales de la Figura 4.26, en viviendas de 40m² en el 2^{do} decil, las COR analizadas, no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en este decil de ingreso, dado que, en todas las situaciones el riesgo se mantiene siempre en 100%. Sin embargo, en Santiago con FR1.0 y en COR-7, se produce una leve reducción de 2,1%.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.27, se aprecia que las COR, si impactan en términos de reducción del riesgo al considerar confort adaptativo (AC). Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción, y Valparaíso se presentan en general en ambas ciudades en las combinaciones COR-2-3-6-9 en todos los FRs y con una marcada predominancia de riesgo en COR-3. Luego el riesgo máximo se encuentra por debajo de 16,7% en FR1.6 en ambas ciudades. Así mismo, en Valparaíso con FR0.6, se adiciona la combinación COR-5 con el mismo riesgo que las combinaciones COR-2-6-9.

Por el contrario, las situaciones más favorables de riesgo FPPRI se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs. Sin embargo, en FR1.0 y FR1.6 en Concepción, se adiciona la combinación COR-8 con riesgo mínimo. Así mismo en Valparaíso con FR1.0, se adicionan las combinaciones COR-5 y COR-8 con el mismo riesgo que COR-1. En el mismo sentido se observa que, en todos los FRs el riesgo mínimo se presenta siempre en COR-7, con una marcada predominancia. Sin embargo, en FR0.6 se igualan los valores mínimos en COR-1-4.

Finalmente, en las combinaciones vistas en el párrafo que antecede, existen condiciones de riesgo 0% en Concepción en todos los casos anteriormente visto, excepto en COR-1 con FR1.6. Así mismo, Valparaíso reúne las mismas condiciones en COR-7 con FR1.6 y FR1.0. y Santiago en todas las situaciones.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso el riesgo aumenta al aumentar el FR en COR-3. Valparaíso lo hace además en COR-2-6 y disminuye en COR-8

En Concepción y Valparaíso, el riesgo FPPRI máximo y mínimo por combinaciones, promediado por Ratio de Forma, se presentan en los mismos grupos COR-3 y COR-7 en ambas situaciones de riesgo y ciudades respectivamente. Así mismo, Concepción también presenta condiciones mínimas en COR-4. Luego máximo riesgo es de 13,5% y 12,8% respectivamente y mínimo de 0% y 1,4%.

Del análisis del 3^{er} decil de ingreso en viviendas de 40m² y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.26, las COR analizadas, tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en todas las situaciones y en Concepción en las combinaciones COR 3-6-9 con FR1.6 y FR1.0. Así mismo, Concepción en COR-2 con FR1.6, junto con los demás casos vistos, presenta condiciones de riesgo 100%.

Luego, las situaciones más desfavorables de riesgo FPI en Concepción y Santiago se presentan siempre en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs. Así mismo, en FR1.6 y FR0.6 respectivamente, se suma COR-2 con igual riesgo que los casos anteriores. Finalmente el máximo riesgo se encuentra por debajo de 100% y 83,3% en FR1.6 en una y otra ciudad.

Cabe hacer notar que en Santiago con FRs menores, el valor del riesgo máximo comienza a igualarse en todas las combinaciones de mayor riesgo, efecto contrario a lo que ocurre en Concepción. Sin embargo, en la medida que el FR aumenta en Santiago, la combinación COR-3, ejerce una clara predominancia en FR1.6. Así mismo en Concepción, donde se observa con una mayor concentración de riesgo en FR1.6.

Por el contrario, las situaciones más favorables de riesgo FPI en Concepción se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs. Así mismo, en FR1.6, se adiciona COR-8 como mínima y en FR 0.6, COR-5-8; desapareciendo COR-1. El riesgo mínimo se encuentra por sobre 77,1% en FR0.6. Así mismo, en Santiago, las situaciones más favorables la lidera COR-7 en todos los FRs. En FR1.0, se adiciona además, COR-2 con el mismo valor. El riesgo mínimo es de 59,4% en FR0.6.

Al igual que en los párrafos anteriores, se observa que el riesgo tiende a igualarse en todas las demás combinaciones, principalmente en FR1.6 y FR1.0.

Por otro lado, se observa que existe una clara relación entre el aumento del riesgo y el aumento del Ratio de Forma, en ambas ciudades, excepto en Concepción en COR-3-6-9.

En Concepción y Santiago, el riesgo FPI máximo por combinaciones, promediado por Ratio de Forma, se presenta en el mismo grupo COR-3, con 99,3% y 74,3% respectivamente. Así mismo, el riesgo mínimo en COR-7 con 84,0% y 66,3%. Sin embargo, Concepción también presenta condiciones mínimas en COR-4.

Finalmente al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.27, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan decisivamente en términos de reducción, presentándose todas las ciudades y combinaciones con riesgo 0%.

Finalmente al analizar el 4^{to} decil de ingreso en viviendas de 40m² en los en los gráficos radiales de la Figura 4.26, las COR tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en las combinaciones COR-2-3-5-6-9 con FR1.6; COR-2-3-6 con FR1.0 y COR-3 con FR0.6 donde el riesgo se mantiene en 100%.

Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción se presentan en general en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs. Sin embargo, en FR0.6 se adiciona la combinación

COR-2 con igual riesgo que COR-6-9. Luego el máximo FPI observado es de 66,7%, liderando la combinación COR-3 el grupo de riesgo, en todos los FRs.

En Valparaíso, las combinaciones COR-2-3-6 en todos los FRs, aparecen como las más desfavorables. Sin embargo, en FR1.6 se adicionan las combinaciones COR-5-9, con igual riesgo. Luego el máximo FPI observado es de 100% en todos los FRs y combinaciones. Sin embargo, en FR0.6, solo COR-3 alcanza este máximo.

Finalmente en Santiago la combinación COR-3 en todos los FRs, se presenta en general, como predominante. Sin embargo, en FR0.6 se adicionan las combinaciones COR-2-6-9, igualando en riesgo a COR-3. Luego el máximo riesgo FPI en esta ciudad es de 36,5%.

Por otro lado, en Concepción, las situaciones más favorables de riesgo FPI se presentan en general, en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs. Además, se observa que la combinación COR-7 lidera al grupo de menor riesgo en todos los FRs, excepto en FR1.0 donde COR-4, alcanza igual riesgo. El riesgo mínimo observado es de 45,8% en FR1.6.

Valparaíso por su parte, las situaciones más favorables de riesgo FPI se presentan siempre en las combinaciones COR-1-4-7-8, con igual valor de riesgo por FR. Excepto en FR0.6 donde la combinación COR-7 lidera al grupo de menor riesgo con 85,4%.

Finalmente las situaciones más favorables de riesgo en Santiago se presentan siempre en las combinaciones COR-7 en todos los FRs. Sin embargo, en FR1.0 se adiciona la combinación COR-4 con igual riesgo que COR-7. Por último, el riesgo mínimo observado es de 12,5% en FR1.0.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Santiago, el riesgo disminuye al aumentar el FR en COR-9. Valparaíso por su parte, aumenta en COR-4-5-7-8-9.

Respecto del riesgo FPI promedio por Ratio de Forma en Concepción, Valparaíso y Santiago, se observa que el máximo, en todas las ciudades, se presenta en COR-3 con valores por debajo de 66,7%; 100% y 25,7% respectivamente. Así mismo, el mínimo riesgo en COR-7, con 47,2%; 92,4% y 13,9%.

Finalmente al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.27, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan decisivamente en términos de reducción, presentándose todas las ciudades y combinaciones con riesgo 0%.

4.5.2. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 55M2

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.28, en viviendas de 55m² en el 1^{er} decil, las COR analizadas dejan de tener influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI, en los gráficos radiales de la Figura 4.29, se aprecia que las COR, impactan en términos de reducción al considerar AC.

Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso, se presentan generalmente en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs; con una marcada predominancia en COR-3 y máximos de 72,9% y 65,6% en FR1.6 respectivamente. Así mismo, en Valparaíso con FR1.0 y FR0.6, se incorporan en condiciones de riesgo máximo, las combinaciones COR-2 y COR-5-8 respectivamente.

Finalmente, Santiago en todos los FRs, presenta en general las mismas combinaciones de riesgo máximo en COR-3-6-9, con un valor constante de 33,3%. Así mismo, en FR1.0 se incorpora COR-2 con igual valor de riesgo.

Por el contrario, en Concepción y Valparaíso, las situaciones más favorables se presentan en general en COR-1-4-7 en todos los FRs. Se observa además, una marcada predominancia de riesgo en COR-7, con un mínimo de 37,5% en Concepción y 45,8% en Valparaíso en COR-1-4-7; ambas con FR1.6. Así mismo, en FR1.0 en Concepción, se incorpora COR-8 en las mismas condiciones de riesgo mínimo.

Santiago, por su parte, las condiciones más favorables se presentan en las mismas combinaciones y Ratio de Forma vistos anteriormente (excepto en COR-1) con un mínimo de 16,7% en COR-7.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso, el riesgo disminuye al aumentar el FR en COR-1-2-4-5-7. Sin embargo en Concepción en COR-9 y en Valparaíso en COR-8, también disminuye. En Santiago, no se observa ningún tipo de relación.

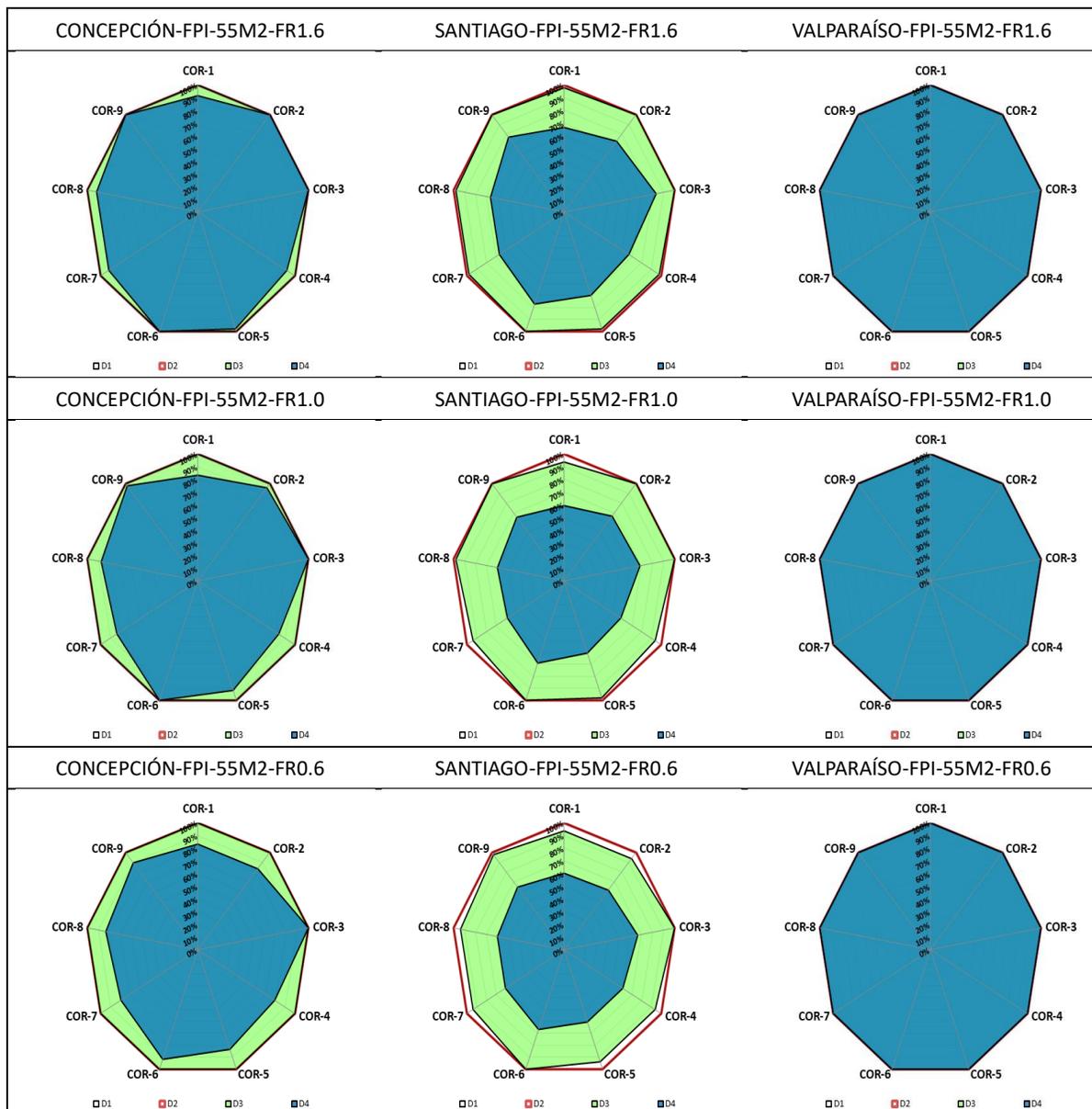


Figura 4.28. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Respecto del riesgo FPPRI promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso, se observa que el riesgo máximo se presenta en COR-3 en ambas ciudades, con valores por debajo de 67,7% y 63,5% respectivamente. Los mínimos valores ocurren en COR-7, con 39,6% y 47,9% correspondientemente. Santiago por su parte, el riesgo máximo es de 33,3% en las combinaciones COR-3-6-9 y mínimo de 18,4% en COR-7.

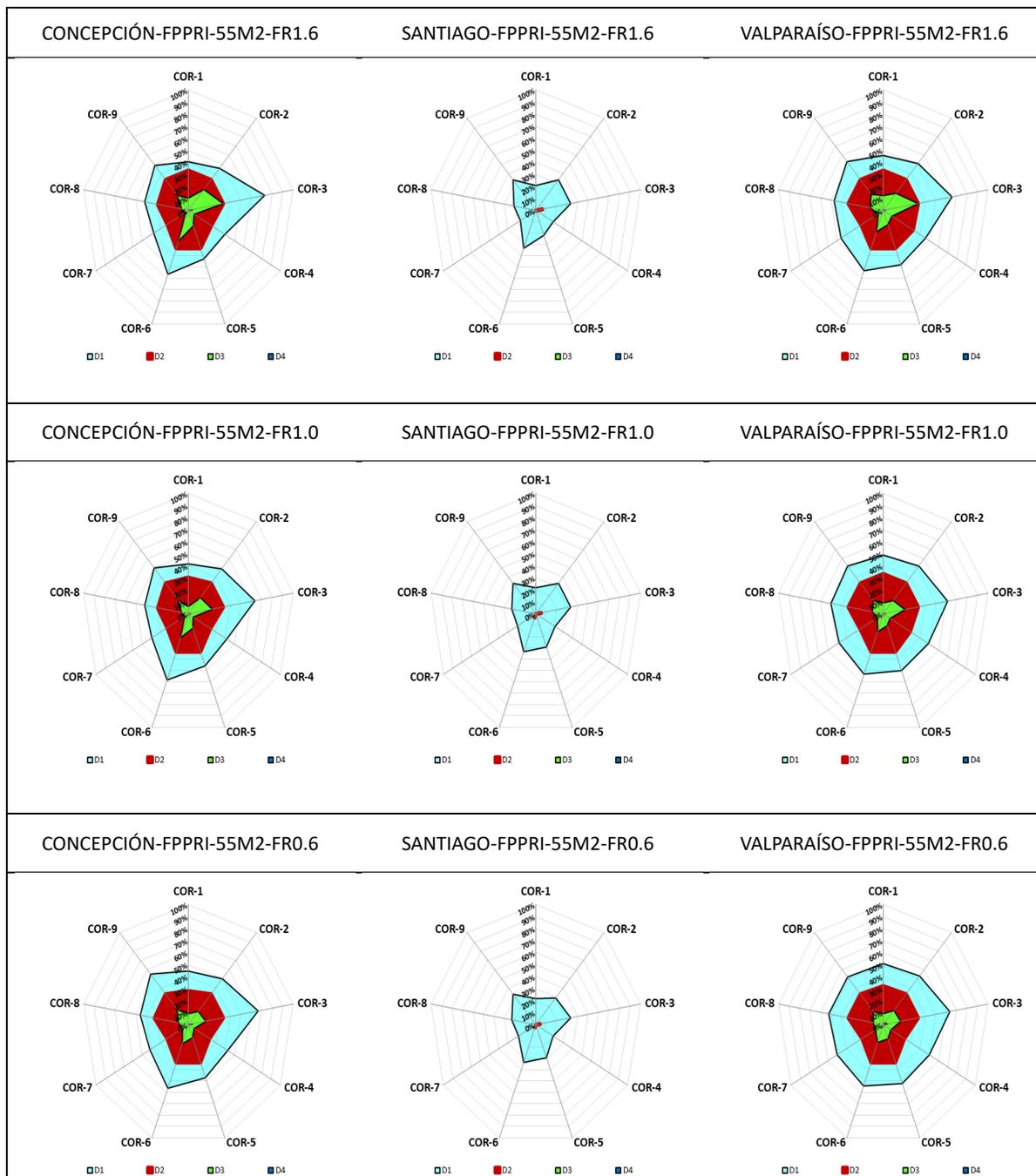


Figura 4.29. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 55m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.28 en viviendas de 55m2 en el 2^{do} decil, las COR analizadas no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI. Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.29, se aprecia que las COR, impactan en términos de reducción al considerar AC. Presentando además, condiciones

de riesgo 0% en Santiago, mayoritariamente en todos los casos; excepto en COR-3 y COR-6, con todos los FRs y en FR1.0-FR0.6, respectivamente.

En general, las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se presentan siempre en las combinaciones COR-2-3-5-6-9, con riesgo máximo de 33,3% en todos los FRs. Así mismo, en ambas ciudades en FR1.6 se incorpora COR-1, al igual que Valparaíso en FR1.0. y en todos los FRs, COR-8; en las mismas condiciones de riesgo máximo.

Santiago por su parte, las situaciones más desfavorables se presentan en COR-3 en todos los FRs y en COR-6 con FR1.0 y FR0.6. Existe una marcada predominancia de riesgo en COR-3 en todos los FRs. El riesgo máximo observado que se encuentra por debajo de 6,3%, en FR1.6.

Por el contrario, las situaciones más favorables en Concepción y Valparaíso de riesgo FPPRI se presentan en COR-4-7 en todos los FRs. El riesgo mínimo es de 22,9% en COR-7 en todos los FRs y en COR-4 con FR0.6, en Concepción. Así mismo, Valparaíso también en COR-4-7 con FR0.6. Finalmente en Santiago, las situaciones más favorables de riesgo, se presentan en general en las combinaciones COR-1-2-4-5-7-8-9, en todos los FRs. Así mismo en FR1.6 se incorpora la combinación COR-6 con mínimo de 0% al igual que en los casos anteriores.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso, el riesgo aumenta al aumentar el FR en COR-4. Así mismo, Concepción en COR-1 y Santiago en COR-3 también aumentan.

El riesgo FPPRI máximo promedio por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso es de 33,3% en las combinaciones COR-2-3-5-6-9 y mínimo de 22,9% y 24,0% en COR-7 respectivamente. Así mismo, Valparaíso también incorpora COR-8 como riesgo promedio máximo. Santiago por su parte, el riesgo máximo es de 5,2% en COR-3 y mínimo de 0% en COR-1-2-4-5-7-8-9.

Del análisis del 3^{er} decil en viviendas de 55m² y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.28, las COR analizadas, no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI en Concepción y Valparaíso. En Santiago también ocurre lo mismo, pero solo en las combinaciones COR-2-3-6-9 con FR1.6-FR1.0 y en COR-3-6 con FR0.6; manteniéndose el riesgo siempre en 100% en estos casos.

Así, la capacidad de reducción del riesgo en esta ciudad, alcanza como máximo 6,2%, en COR-1-4-7 con FR0.6-FR1.0 y en COR-2-5-8 con FR0.6. En el mismo sentido, se observa que no existen situaciones predominantes de riesgo, tendiendo las combinaciones a permanecer constantes en un determinado valor de riesgo y según sea el FR analizado.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.29, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan decisivamente en términos de reducción del riesgo al considerar AC. Teniendo además en Santiago, condiciones de riesgo 0%, en todos los casos.

Luego las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se presentan siempre en las combinaciones COR-3-6, en todos los FRs y con un máximo de 33,3% en COR-3 y FR1.6 en ambas ciudades. Además, se observa que en la medida que aumenta el FR, el riesgo en la combinación COR-3 se hace más significativo, liderando el grupo de mayor riesgo. Así mismo, en Concepción con FR0.6 y Valparaíso con FR0.6 y FR1.6 se incorporan las combinaciones COR-9 y COR-2 respectivamente, convirtiéndose en situaciones desfavorables.

Por el contrario, las situaciones más favorables en ambas ciudades, se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-7-8 en todos los FRs. Así mismo, Valparaíso en FR1.0 la combinación COR-5 pasa a ser favorable junto a COR-8. Se observa además, que en la medida que aumenta el FR, el riesgo en la combinación COR-7 se hace menos significativo, liderando el grupo de menor riesgo en ambas ciudades. Luego, el mínimo riesgo observado en Concepción y Valparaíso es de 3,1% y 5,2% en COR-7 y FR1.6 respectivamente.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso, el riesgo crece al aumentar el FR en COR-3 y disminuye en COR-7. Así mismo, Concepción en COR-2-5-6, y Valparaíso en COR-8, el riesgo también aumenta. En Santiago, no se observa este efecto.

Respecto del riesgo FPPRI promedio por Ratio de Forma máximo en Concepción y Valparaíso, este se encuentra por debajo de 24,3% y 23,6% en la combinación COR-3 respectivamente; y mínimo por sobre 4,5% y 6,6% en COR-7.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingreso en viviendas de 55m² y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.28, las COR analizadas tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, excepto en Valparaíso en todos los casos y en Concepción, solo en las combinaciones COR-3 en todos los FRs; Cor-6 con FR1.6-FR1.0 y COR-2-9 con FR1.6; manteniéndose el riesgo siempre en 100% en estos casos.

Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción y Santiago se presentan en general en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs. Sin embargo, la combinación COR-2 se integra en Concepción con FR1.6 (igualando el riesgo máximo de las demás combinaciones) y en Santiago con FR1.0, superando la situación desfavorable de COR-9. Así mismo, la combinación COR-3 lidera el grupo de mayor riesgo solo en FR0.6 en Concepción y en Santiago en FR1.6; repartiéndose en los demás casos, el máximo riesgo en un número mayor de combinaciones. Luego el máximo riesgo FPI observado es de 100% en todos los FRs en Concepción y 83,3% en FR1.6 en Santiago.

Por el contrario, las situaciones más favorables en Concepción y Santiago se presentan en general, en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs. Sin embargo en FR0.6, se integran las combinaciones COR-2-5-8 en Concepción y COR-5-8 en Santiago al igual que COR-8 en FR1.6 en ambas ciudades; igualando el riesgo mínimo por cada FR.

Además, se observa que la combinación COR-7 no lidera al grupo de menor riesgo como en los casos anteriores, repartiéndose el mismo riesgo en un número mayor de combinaciones.

Finalmente, el menor riesgo observado en ambas ciudades, se presenta en las combinaciones COR-4-7; con 79,2% con FR0.6 en Concepción y 58,3% con FR1.0 en Santiago.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Santiago, el riesgo crece al aumentar el FR en COR-2-9. Al igual que Concepción en COR-4-5-7-8 y en Valparaíso, en COR-3-6.

El riesgo FPI promedio por Ratio de Forma máximo se presenta en COR-3 y mínimo en COR-4-7 en ambas ciudades, con riesgos de 100% a 84,7% en Concepción y 79,2% a 61,8% en Santiago respectivamente.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.29, se observa que las "Combinaciones de Objetos Remotos" impactan decisivamente en términos de reducción del

riesgo al considerar AC. Teniendo además condiciones de riesgo 0%, en Santiago en todos los casos; Concepción y Valparaíso en todos los casos excepto COR-3 en todos los FRs y COR-6 con FR1.0. Así mismo, Valparaíso en FR0.6, se integran las combinaciones COR-2-6 como riesgo 0%.

En el mismo sentido, las situaciones más desfavorables se presentan siempre en estas combinaciones, pero con riesgos marginales, liderando el grupo de mayor riesgo COR-3 en ambas ciudades. Luego, el máximo riesgo es de 4,2% en FR0.6 en ambas ciudades, como también en Concepción con FR1.6.

Además, en general se observa que, en la medida que disminuye el “Ratio de Forma”; el riesgo en la combinación COR-3 se hace más significativo en Valparaíso, liderando el grupo y aumentando el número de combinaciones con riesgo de pobreza energética.

Sin embargo, no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Solo en Valparaíso con COR-6, el riesgo disminuye al aumentar el FR.

Respecto del riesgo FPPRI promedio por Ratio de Forma máximo en Concepción y Valparaíso, este se encuentra por debajo de 3,5% y 2,8% en la combinación COR-3 respectivamente. El mínimo es de 0% en todas las combinaciones excepto COR-6 en ambas ciudades y en Valparaíso en COR-2.

4.5.3. ANÁLISIS DE RIESGO FPI-FPPRI VS COMBINACIONES DE SOMBRAS VIVIENDAS DE 70M2

En general y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.30, en viviendas de 70m² en el 1^{er} decil, las COR analizadas no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, manteniendo 100% de riesgo en todas las situaciones.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.31, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan en términos de reducción del riesgo al considerar AC, excepto en COR-3 con FR1.6 en Concepción y Valparaíso, donde el riesgo se mantiene en 100%.

En Santiago, acontece que el riesgo FPPRI permanece constante en 33,3% en todas las situaciones, excepto en FR1.0, donde disminuye 18,6% en COR-4 respecto de este último valor. En el mismo sentido, en Valparaíso se observa un riesgo constante de 66,7% en todas las combinaciones,

excepto en COR-7 con FR0.6, donde se reduce tan solo 1,7%. Por consiguiente, estas son las únicas situaciones favorables de riesgo.

Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso, se presentan generalmente, en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs y en FR1.0 y FR1.6 respectivamente. Existe una marcada predominancia de riesgo en COR-3 con máximo de 100% en FR1.6 en ambas ciudades. Así mismo, la combinación COR-2 en Concepción con FR1.0 y en Valparaíso con FR1.0-FR1.6, se integran igualando el riesgo de COR-9.

En Concepción y Valparaíso las situaciones más favorables de riesgo se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-7 en todos los FRs. Excepto y como se mencionó anteriormente, en Valparaíso con FR0.6 donde el riesgo permanece constante en 66,7%, salvo en COR-7. El menor FPPRI observado se presenta siempre en COR-7, con 55,2% en Concepción con FR1.6 y 64,6%, en Valparaíso con FR1.0.

Cabe hacer notar que en Concepción con FR0.6, se integran las combinaciones COR-5 y COR-8 igualando el riesgo de COR-1. Así mismo, en FR1.0, se integra COR-4 igualando el riesgo de COR-7.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso, el riesgo crece al aumentar el FR en COR-3-5-6-9. Así mismo, Valparaíso aumenta además, en COR-1-2-4-8. Por el contrario, Concepción disminuye en COR-1-4-7

El riesgo FPPRI promedio máximo por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso es de 94,8% y 81,9% en la combinación COR-3 respectivamente. Así mismo, el mínimo es de 62,2% y 66,3% en COR-7.

Por otro lado, y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.30, en viviendas de 70m² en el 2^{do} decil, las COR analizadas no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, manteniendo 100% de riesgo en todas las situaciones, excepto en Santiago con FR1.0 y en combinación COR-4, donde se produce una reducción de 10,5%.

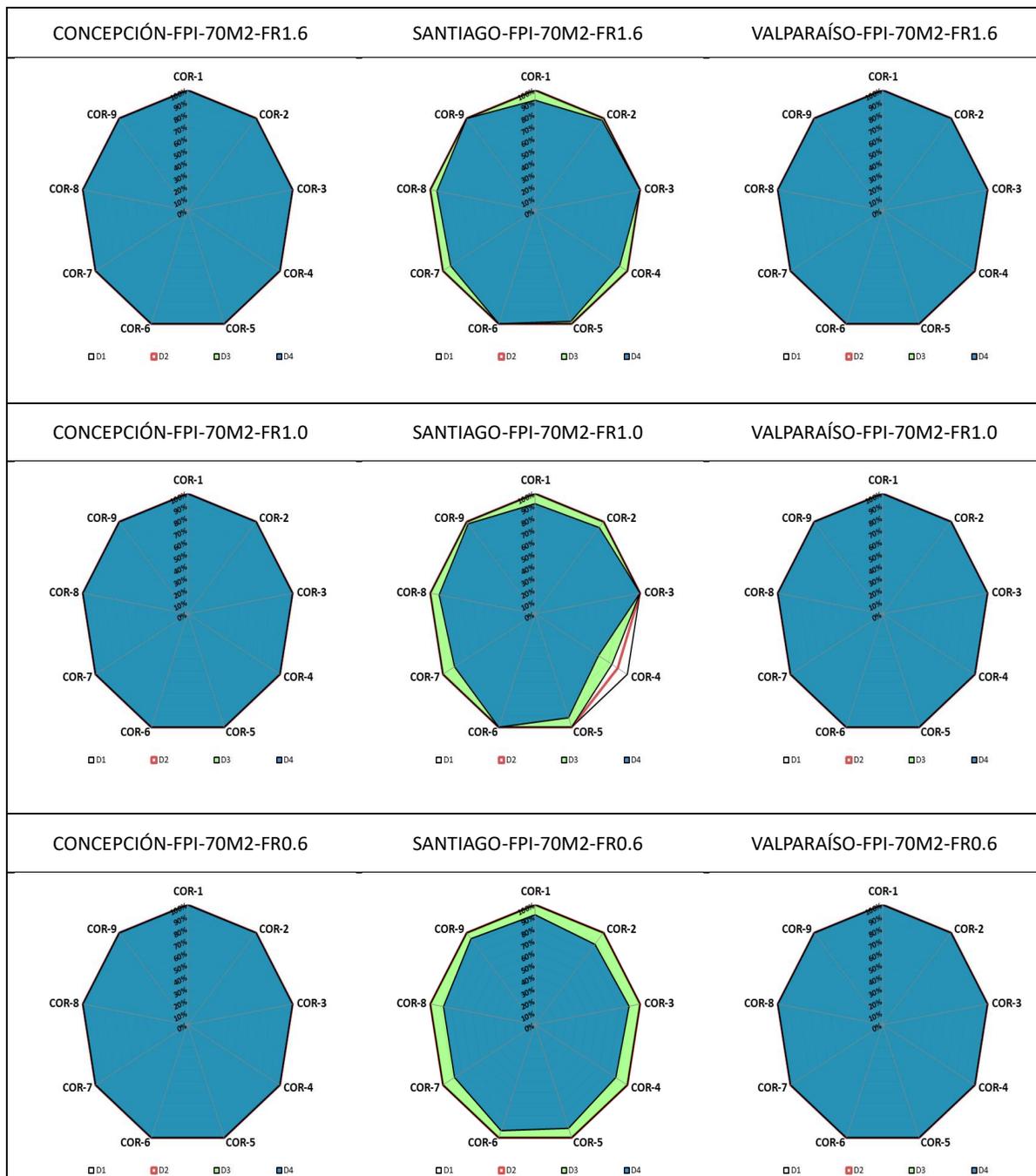


Figura 4.30. Riesgo FPI por combinaciones de sombras en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.31, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan en términos de reducción al considerar AC. Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se presentan en general en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs (excepto en FR1.0, donde COR-9 pasa a ser mínimo) y

con FR0.6 respectivamente. En Santiago, las situaciones más desfavorables se presentan en las combinaciones COR-3-6 en todos los FRs.

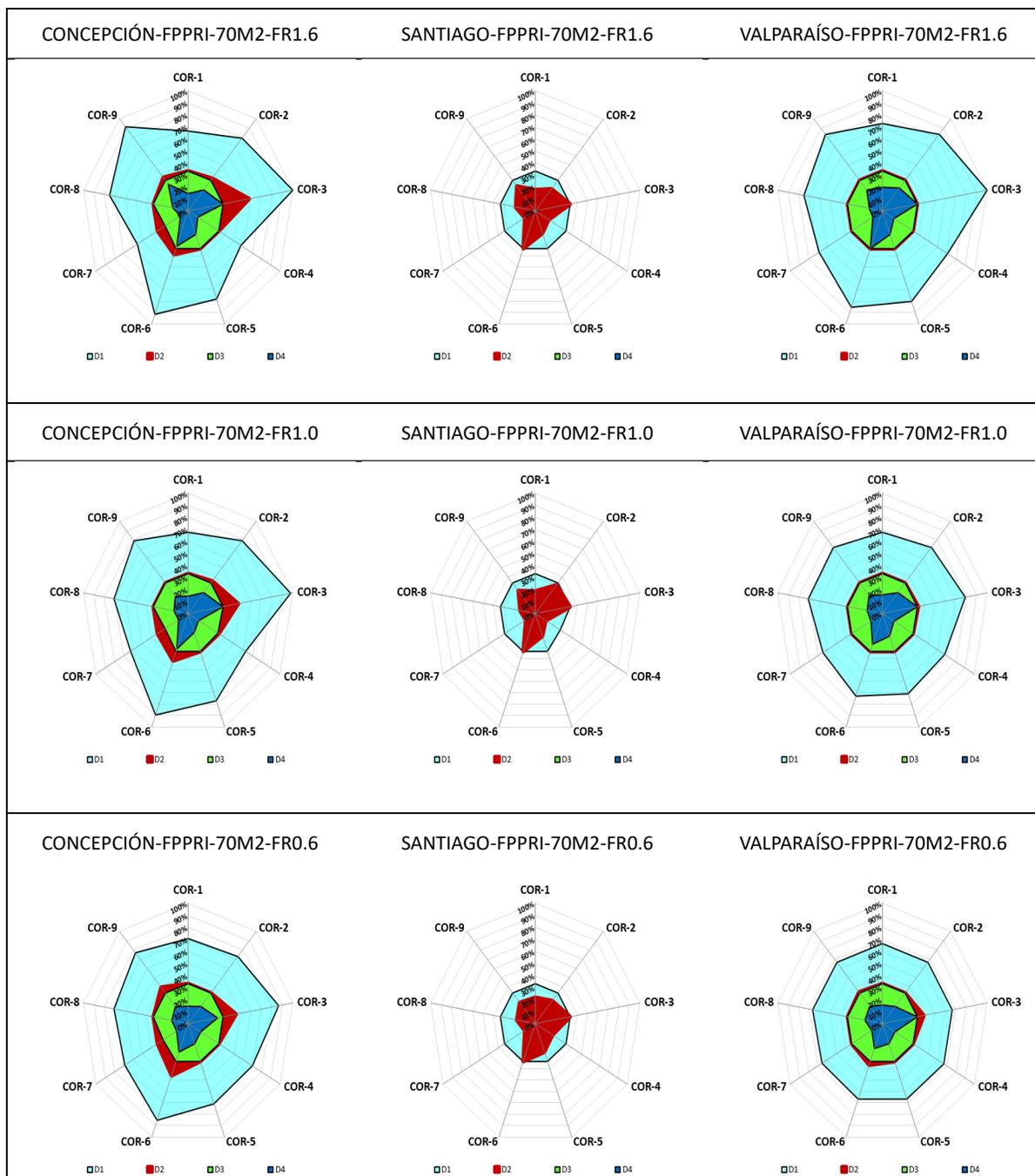


Figura 4.31. Riesgo FPPRI por combinaciones de sombras en 70m2 vs Ratio de Forma, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

En el mismo orden de ideas, también se observa, solo en Concepción y Valparaíso, una marcada superioridad del riesgo máximo en COR-3. Sin embargo, esto ocurre con FRs mayores en Concepción y menores en Valparaíso.

Así mismo, solo COR-3 en Valparaíso con FR1.0 es máxima. Todas las demás situaciones en esta ciudad tienen riesgo constante de 33,3%. Finalmente, el riesgo FPPRI máximo, se puede encontrar por debajo de 58,3% en FR1.6 en Concepción; 39,6% en Valparaíso con FR1.0 y 33,3% en Santiago en todos los FRs y combinaciones más desfavorables.

Por el contrario, las situaciones más favorables en Concepción y Valparaíso se presentan en general en las combinaciones COR-1-4-5-7-8 en todos los FRs y con FR0.6 respectivamente. Además, Concepción en FR0.6 integra COR-2 y en FR1.0 adiciona COR-9 como casos de riesgo mínimo. Al igual que Valparaíso en FR0.6 con COR-2 y todas las combinaciones, excepto COR-3, en FR1.0. Finalmente todas las situaciones anteriormente vistas, junto con Valparaíso en todas las combinaciones con FR1.6; presentan condiciones de riesgo mínimo con un valor de 33,3% constante.

En Santiago, las condiciones más favorables se presentan en general en COR-4-7 en todos los FRs. Sin embargo, en FR0.6 la combinación COR-8, alcanza menor riesgo que COR-4. Existe además, una marcada predominancia del riesgo mínimo en COR-7 en todos los FRs, con 10,4% en FR1.0.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción y Santiago, el riesgo crece al aumentar el FR en COR-3 y COR-9 respectivamente. Por el contrario, en Concepción, Valparaíso y Santiago disminuye en COR-6; COR-1 y COR3 correspondientemente.

El riesgo FPPRI promedio máximo por Ratio de Forma en Concepción y Valparaíso es de 50,7% y 35,8% en la combinación COR-3 respectivamente. Así mismo, el riesgo mínimo es de 33,3% en todas las combinaciones COR-1-4-7-5-8 en ambas ciudades y en Valparaíso en COR-2. Santiago por su parte, máximo de 33,3% en las combinaciones COR-3-6 y mínimo de 11,1% en COR-7.

Del análisis del 3^{er} decil en viviendas de 70m², y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.30 las COR analizadas, no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI,

manteniendo 100% en todas las situaciones, excepto en Santiago con FR1.0 y en combinación COR-4; donde se produce una reducción de 16,7%.

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.31, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan en términos de reducción al considerar AC, teniendo además, condiciones de riesgo 0% en Santiago en todos los casos; excepto en COR-3 con FR1.6 y FR1.0.

Así mismo, se observa que el riesgo en Concepción y Valparaíso, se mantiene en 33,3%, en todos los casos. Salvo en Concepción con pequeñas excepciones en COR-7, en todos los FRs y en COR-4, con FR1.0. Luego, la situación de riesgo más favorable en Concepción se presenta siempre en estas combinaciones con 25% de riesgo en COR-7 con FR1.0 y FR1.6. En Santiago, las situaciones más desfavorables, se presentan siempre en COR-3 con FR1.6-FR1.0 y un riesgo máximo de 4,2%.

Por otro lado, no se observa relación alguna entre el riesgo y el FR en las ciudades analizadas. Así mismo el riesgo promedio máximo por Ratio de Forma en Concepción es de 33,3% en todas las combinaciones, excepto en COR-4 y el mínimo es de 25,7% en COR-7. Por su parte, en Santiago el riesgo promedio máximo es de 2,8% en COR-3 y mínimo 0% en todas las demás situaciones.

Finalmente en el 4^{to} decil de ingresos en viviendas de 70m² y como se observa en los gráficos radiales de la Figura 4.30, las COR analizadas no tienen influencia sobre la capacidad de reducción del riesgo FPI, en Concepción, Valparaíso y Santiago en algunas combinaciones tales como, COR-3-6-9 con FR1.6 y COR-3-6 con FR1.0; manteniendo 100% de riesgo en todas estas situaciones.

Así, las situaciones más desfavorables en Santiago, se presentan en general en las combinaciones COR-3-6-9 en todos los FRs. Sin embargo, en FR0.6 las COR-1-5, superan en 2,1% el riesgo respecto de COR-3. Luego, y como se mencionó anteriormente el máximo FPI es de 100%.

Por el contrario, las situaciones más favorables se presentan siempre en las combinaciones COR-4-7 en todos los FRs. Sin embargo en FR0.6 y FR1.6, se integran las combinaciones COR-2-8 y COR-1 respectivamente, con igual riesgo que COR-4-7. El menor riesgo se presenta además en la combinación COR-4 con FR1.0 y un valor de 68,8%.

Se observa además, que no existe una clara relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Santiago el riesgo FPI aumenta al aumentar el FR en COR-2-8-9.

El riesgo FPI máximo promedio por Ratio de Forma es de 97,9% en COR-6 (cambiando la posición de riesgo máximo de COR-3 a COR-6 respecto de los análisis anteriores) y mínimo de 82,6% en COR-4. (Cambiando la posición de riesgo mínimo de COR-7 a COR-4).

Por otro lado, al examinar el riesgo FPPRI en los gráficos radiales de la Figura 4.31, se observa que las “Combinaciones de Objetos Remotos” impactan decisivamente en términos de reducción. Además, en este caso de análisis resulta que Santiago también presenta condiciones de riesgo 0% en todas las situaciones.

Luego, las situaciones más desfavorables en Concepción y Valparaíso se presentan en general en las combinaciones COR-3-6 en todos los FRs. El máximo riesgo en ambas ciudades es de 33,3%, liderando la combinación COR-3 el grupo de mayor riesgo también en todos los FRs. Sin embargo, el máximo riesgo en Concepción se presenta en FR1.0-FR1.6 y en Valparaíso en todos los FRs y además en COR-6 con FR1.6.

Por otro lado, las situaciones más favorables en Concepción y Valparaíso se presentan en general, en las combinaciones COR-4-7 en todos los FRs. Sin embargo, en Valparaíso con FR1.6, la combinación COR-8 iguala en riesgo a COR-4. Así mismo, el menor riesgo en ambas ciudades se presenta siempre en COR-7 liderando al grupo de menor riesgo en todos los FRs. Sin embargo, Valparaíso en FR1.0, la combinación COR-4 iguala riesgo con COR-7. Luego el menor riesgo en Concepción y Valparaíso se presenta en FR1.6 con 8,3% y 10,4% respectivamente.

Por otro lado, se observa que no existe una clara, relación entre el riesgo y el Ratio de Forma, en todos los FRs y combinaciones por igual. Sin embargo, en Concepción el riesgo disminuye al aumentar el FR en COR-4-7. Valparaíso por su parte, en COR-8. Por el contrario, esta última ciudad aumenta en COR-2-5-6-9.

En Concepción y Santiago el riesgo FPPRI promedio máximo por Ratio de Forma, se presenta en la combinación COR-3 con 31,6% y 33,3% respectivamente. Así mismo, el mínimo en COR-7 con 10,4% y 11,5% correspondientemente.

4.5.4. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

4.5.4.1. COMBINACIONES DE SOMBRAS DE MAYOR-MENOR RIESGO MEDIO Y RIESGO 100%-0%

En relación con el indicador de riesgo FPI promedio y según lo observado en general en la Tabla 4.7, las combinaciones con mayor riesgo en todos los casos, se presentan en COR-3 y las menores en COR-7. Sin embargo, en la medida que disminuye el nivel de ingreso, se observa principalmente en Santiago, un mayor número de combinaciones con riesgo máximo. Así mismo, al aumentar el nivel de ingreso, el número de combinaciones con riesgo mínimo, también aumenta.

Así mismo, las combinaciones con mayor y menor riesgo, en general en todos los casos con el indicador FPPRI al igual que con el riesgo FPI, se presentan en COR-3 y COR-7 respectivamente (excepto Santiago en 70m², D1, donde el riesgo mínimo acontece en COR-4). Siendo preponderante el mayor y menor riesgo en las “Combinaciones de Objetos Remotos” que se encuentran más cerca y a mayor altura del bloque de viviendas y viceversa.

Tabla 4.7. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI máximo-mínimo en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y combinaciones de sombras. Fte: Elaboración propia.

| COR-FPPRI 40M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | COR-FPPRI 55M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | COR-FPPRI 70M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | |
|----------------------------|-----|---------|---------|-----------------|------------|----------|----------------------------|-----|-----------|---------------|---------------|------------|----------|----------------------------|-----|-----------|---------------|-----------------|-----------------|----------|--|
| D4 | MIN | 0% | | | 0% | | | D4 | MIN | 1-2-4-5-7-8-9 | 1-4-5-7-8-9 | 0% | | | D4 | MIN | 7 | 7 | 0% | | |
| | MAX | 0% | | | 0% | | | | MAX | 3 | 3 | 0% | | | | MAX | 3 | 3 | 0% | | |
| D3 | MIN | 0% | | | 0% | | | D3 | MIN | 7 | 7 | 0% | | | D3 | MIN | 7 | 33,3% | 1-2-4-5-6-7-8-9 | | |
| | MAX | 0% | | | 0% | | | | MAX | 3 | 3 | 0% | | | | MAX | 1-2-3-5-6-8-9 | 33,3% | 3 | | |
| D2 | MIN | 4-7 | 7 | 0% | | | D2 | MIN | 7 | 7 | 1-2-4-5-7-8-9 | | | D2 | MIN | 1-4-5-7-8 | 1-2-4-5-7-8 | 7 | | | |
| | MAX | 3 | 3 | 0% | | | | MAX | 2-3-5-6-9 | 2-3-5-6-8-9 | 3 | | | | MAX | 3 | 3 | 3-6 | | | |
| D1 | MIN | 7 | 7 | 1-4-5-7-8-9 | | | D1 | MIN | 7 | 7 | 7 | | | D1 | MIN | 7 | 7 | 4 | | | |
| | MAX | 2-3-6-9 | 2-3-6-9 | 3 | | | | MAX | 3 | 3 | 3-6-9 | | | | MAX | 3 | 3 | 1-2-3-5-6-7-8-9 | | | |
| COR-FPI 40M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | COR-FPI 55M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | COR-FPI 70M2 V/S DECILES | | | | CONCEPCIÓN | VALPARAÍSO | SANTIAGO | |
| D4 | MIN | 7 | 7 | 7 | | | D4 | MIN | 4-7 | 100% | 4-7 | | | D4 | MIN | 100% | 100% | 4 | | | |
| | MAX | 3 | 3 | 3 | | | | MAX | 3 | 100% | 3 | | | | MAX | 100% | 100% | 6 | | | |
| D3 | MIN | 4-7 | 100% | 7 | | | D3 | MIN | 100% | 100% | 1-4-7 | | | D3 | MIN | 100% | 100% | 4 | | | |
| | MAX | 3 | 100% | 3 | | | | MAX | 100% | 100% | 3-6 | | | | MAX | 100% | 100% | 1-2-3-5-6-7-8-9 | | | |
| D2 | MIN | 100% | 100% | 7 | | | D2 | MIN | 100% | 100% | 100% | | | D2 | MIN | 100% | 100% | 4 | | | |
| | MAX | 100% | 100% | 1-2-3-4-5-6-8-9 | | | | MAX | 100% | 100% | 100% | | | | MAX | 100% | 100% | 1-2-3-4-5-6-8-9 | | | |
| D1 | MIN | 100% | 100% | 100% | | | D1 | MIN | 100% | 100% | 100% | | | D1 | MIN | 100% | 100% | 100% | | | |
| | MAX | 100% | 100% | 100% | | | | MAX | 100% | 100% | 100% | | | | MAX | 100% | 100% | 100% | | | |

Sin embargo, en la medida que disminuye el nivel de ingreso, el número de combinaciones de mayor riesgo aumentan. Así mismo, al aumentar el nivel de ingreso, el número de combinaciones con menor riesgo, también aumentan.

Además, se observa que Valparaíso presenta un comportamiento similar al de Concepción, en las combinaciones de mayor y menor riesgo. Sin embargo, en 55m² existe un mayor número de combinaciones de riesgo máximo y menor número de riesgo mínimo que Concepción.

4.5.4.2. RELACIÓN DEL RIESGO FPI Y FPPRI POR COMBINACIONES VS RATIO DE FORMA

En el mismo sentido, y según lo observado en Tabla 4.8, las distintas Combinaciones de Objetos Remotos y su dependencia con los diferentes Ratios de Forma de las viviendas estudiadas, no están relacionados en todos los casos por igual. Sin embargo, considerando el indicador de riesgo FPI conviene asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños, en el 97,1% de las COR, tamaños, ciudades y deciles específicos que aseguran un menor riesgo de FP. Por ejemplo en viviendas de 40m² en Santiago en el decil D3, las flechas rojas indican que en todas las COR analizadas, el riesgo FPI aumenta al crecer el FR. por lo tanto, conviene asignar Ratios de Forma menores en todos los casos de esta ciudad.

Estas situaciones se presentan en forma más frecuente en casos tales como: Concepción y Santiago en 40m² decil D3 y en 55m², D4 y en Valparaíso con 40m², decil D4. Así mismo, solo conviene asignar FR mayores en el 2,9% de las combinaciones y solo en Concepción con 40m² y decil D4. Así mismo, solo en Santiago en viviendas de 40m² y decil D3, se observa que el riesgo aumenta al aumentar el FR en todas las combinaciones.

Por su parte al considerar el indicador de riesgo FPPRI, conviene asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños, en el 59,0% de ciertas combinaciones específicas, que en general están situadas con más frecuencia en COR-3-5 y en Concepción con 55m²-70m², deciles D3 y D1 respectivamente, como así mismo en Valparaíso en 70m², decil D1 donde el riesgo aumenta al aumentar el FR en todas la combinaciones, excepto en COR-7. Por ejemplo en viviendas de 55m² en Concepción y Valparaíso en el decil D1, las flechas azules indican que las COR-1-2-4-5-7, el riesgo FPPRI disminuye al crecer el FR. por lo tanto, conviene asignar Ratios de Forma mayores en estos casos.

En concordancia con lo anterior, solo conviene asignar FR mayores en el 49,0% de las combinaciones, que van ubicadas mayoritariamente, en las mismas ciudades anteriores, en 55m²-D1 y en 70m² D1.

Tabla 4.8. Relación del riesgo promedio FPI-FPPRI y el Ratio de Forma en función del ingreso, tamaño de superficie, ciudades y combinaciones de sombras. Fuente: Elaboración propia.

| Relación del Riesgo FPPRI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|------|---|-----|---|------|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V |
| COR-1 | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | ↑ | - | - | ↓ | ↑ | - | - | ↓ | - | - | - | - | - | |
| COR-2 | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | ↑ | |
| COR-3 | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↓ | - | - | - | - | |
| COR-4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | ↓ | |
| COR-5 | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | ↑ | |
| COR-6 | - | - | - | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | ↑ | |
| COR-7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | ↓ | - | - | - | - | ↑ | |
| COR-8 | ↑ | - | - | - | ↓ | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | ↓ | |
| COR-9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ↓ | ↓ | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | ↑ | - | - | - | ↑ | |

| Relación del Riesgo FPI al Aumentar el FR | 40M2 | | | | 55M2 | | | | 70M2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|---|---|-----|------|---|-----|---|------|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|
| | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | D-1 | | | D-2 | | | D-3 | | | D-4 | | | | |
| | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V | S | C | V |
| COR-1 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-2 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | ↑ | |
| COR-3 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-4 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-5 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-6 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-7 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| COR-8 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | |
| COR-9 | - | - | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | ↓ | ↑ | - | - | - | - | ↑ | ↑ | - | - | - | - | - | - | - | ↑ | |

Por otro lado, se observa que estas relaciones tienden a crecer al aumentar el tamaño de la vivienda con riesgo FPPRI y disminuyen al considerar el indicador FPI. Además, son más frecuentes en las ciudades de Concepción-Valparaíso con riesgo FPPRI y en Santiago-Concepción con FPI

4.5.4.3. RANGO DE VARIACIÓN RIESGO PROMEDIO

Por otro lado, respecto del riesgo FPI promedio y según lo observado en los gráficos radiales de la Figura 4.32, no se aprecian situaciones con riesgo 0%. Así mismo, en todos los casos los deciles D1-D2, (excepto D2 en Santiago en 40m2, COR-7 y en 70m2, COR-4; donde el riesgo disminuye marginalmente 0,7% y 3,5% respectivamente) el riesgo se mantiene en 100%.

Consecuentemente, el decil D3 en Santiago en 55m2 con COR-3-6 y en 70m2 en todas las combinaciones (excepto en COR-4 donde el riesgo disminuye 5,6%) como también Concepción en 55m2-70m2 y Valparaíso en todos los tamaños de viviendas; el riesgo se mantiene en 100%. Finalmente, el decil D4 en Concepción en 55m2 y Valparaíso en 40m2 en COR-3; Concepción en 70m2 como también Valparaíso en 55m2-70m2, en todos los casos; el riesgo es 100%.

Respecto de los riesgos FPPRI máximos y mínimos promedios en viviendas de 40m², se concluye que no existen situaciones de riesgo 100%. Así mismo, las condiciones de riesgo 0%, están presentes en todas las ciudades. Comenzando por Santiago en todos los deciles, excepto D1 en COR-2-3-6, donde el riesgo es marginal y no supera el 2,8%.

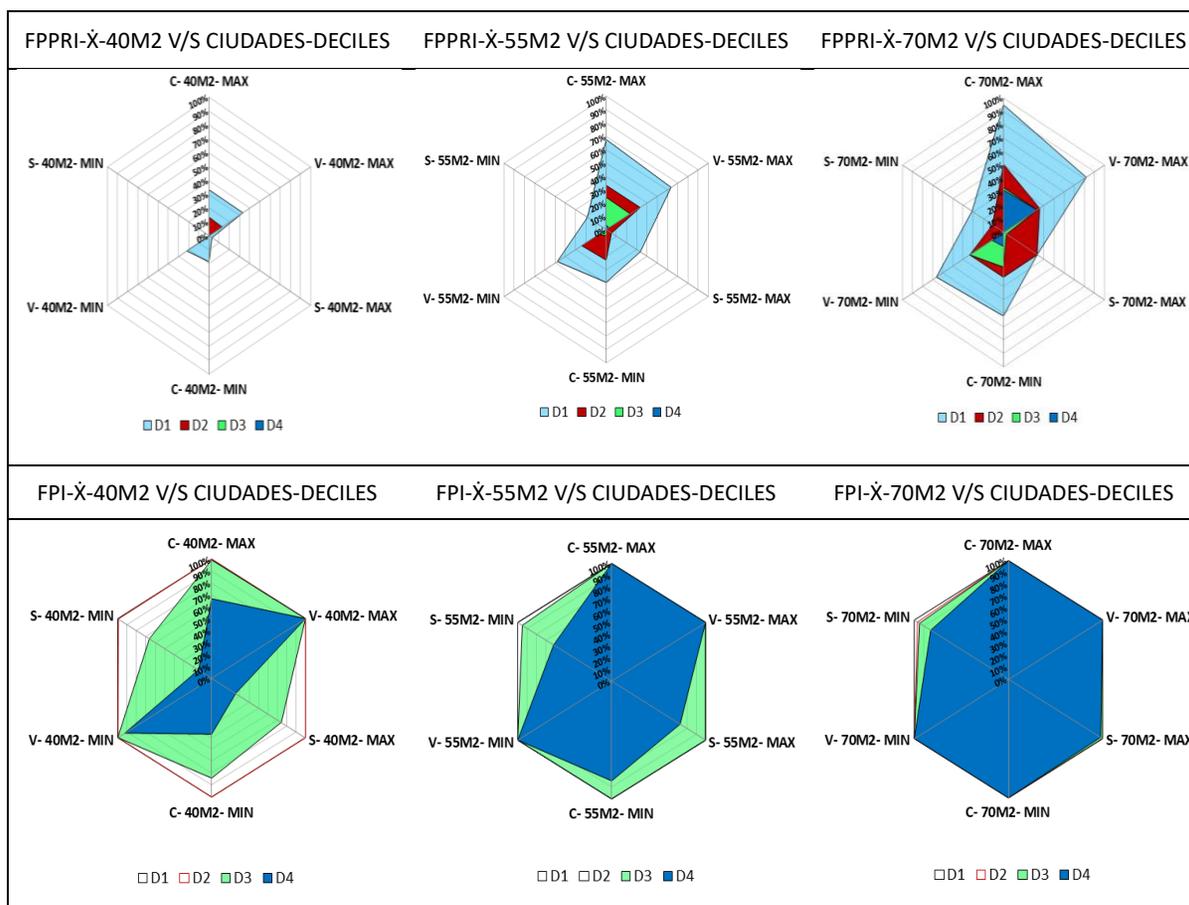


Figura 4.32. Riesgo FPI-FPPRI máximo y mínimo por combinaciones de sombras vs tamaño de superficie, ciudades e ingresos. Fuente: Elaboración propia.

Valparaíso y Concepción por su lado, presentan riesgo 0% en los deciles D3-D4 en todos los casos. En el mismo sentido, Concepción supera a Valparaíso en el número de combinaciones con riesgo 0%, integrando además, en el decil D2, las combinaciones COR-4-7.

En viviendas de 55m², con riesgo FPPRI, se observa que no existen situaciones de riesgo 100%. Así mismo, las condiciones de riesgo 0%, están presentes en todas las ciudades. Empezando por Santiago, en los deciles D3-D4 en todos los casos y D2 excepto COR-3-6; donde el riesgo no supera el 5,2%. Por su parte, Concepción y Valparaíso en D4, presenta las mismas combinaciones que Santiago en D2; excepto en Valparaíso en COR-2.

Finalmente en 70m², al igual que en viviendas de 40m² y 55m², se concluye que no existen situaciones de riesgo 100%. Así mismo, las condiciones de riesgo 0%, solo están presentes en Santiago, en los deciles D3 y D4 en todos los casos, excepto en D3 con COR-3.

Respecto del rango de fluctuación del riesgo promedio FPI en 40m², se observa que podría variar entre 74,3% a 13,9% en Santiago; 99,3% a 47,2% en Concepción y 100% a 92,3% en Valparaíso. Todos los anteriores, en el intervalo de deciles comprendidos entre D3 y D4.

Así mismo, el riesgo promedio en 55m², puede fluctuar entre 100% a 61,8% en Santiago; 100% a 84,7% en Concepción y 100% constante en Valparaíso, todos en el intervalo de deciles D3 a D4.

Finalmente en 70m² y solo en Santiago, el riesgo FPI podría fluctuar entre 100% a 82,6% en el intervalo de deciles D1 a D4. En todas las demás ciudades, el riesgo se mantiene en 100%.

En el mismo orden de ideas, se concluye que el riesgo FPPRI promedio en 40m² puede fluctuar entre 0,0% a 2,8% en Santiago; 33,3% a 18,8% en Concepción y 33,3% a 21,9% en Valparaíso en D1. Al igual que en el decil anterior, el nivel de ingreso D2 presenta riesgos muy similares entre ambas ciudades; pudiendo fluctuar entre 13,5 y 0% en Concepción y 12,8% a 1,4% en Valparaíso.

Por su parte en 55m², D1 podría fluctuar entre 33,3% y 18,4% en Santiago; 67,7% y 39,6% en Concepción y 63,5% y 47,9% en Valparaíso. Por su parte el riesgo en D2 podría variar entre 5,2% a 0% en Santiago; 33,3% a 22,9% en Concepción y 33,3% a 24,0% en Valparaíso. D3, podría oscilar entre 24,3% a 4,5% en Concepción y 23,6% y 6,6% en Valparaíso. Por último en D4, el riesgo es marginal, pudiendo variar entre 3,5% a 2,8% como máximo en ambas ciudades respectivamente.

Finalmente el riesgo FPPRI promedio en 70m², D1 podría fluctuar entre 33,3% a 31,3%; en Santiago, 94,8% a 62,2% en Concepción y 81,9% a 66,3% en Valparaíso. En el mismo sentido, el riesgo en D2 podría variar entre 33,3% a 11,1% en Santiago; 50,7% a 33,3% en Concepción y 35,8% a 33,3% en Valparaíso. El decil D3 por su parte, podría fluctuar entre 2,8% a 0% en Santiago; 33,3% a 25,7% en Concepción y 33,3% constante en Valparaíso. Por último en D4, el riesgo podría variar entre 31,6% a 10,4% en Concepción y 33,3% a 11,5% en Valparaíso.

Capítulo 5. PRINCIPALES HALLAZGOS, CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

5.1. SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS

5.1.1. INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE FORMA SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

Respecto de la relación de forma y el riesgo se concluye que no existe una relación única entre el aumento del FR y la variación del riesgo aplicable en todos los casos por igual. Sin embargo, si la vivienda va a operar la mayor parte del tiempo con sistemas HVAC, conviene asignar viviendas con FR menores en algunos casos específicos tales como en: 40m² decil D3 y 55m² decil D4 en Concepción y Santiago; 40m²-D4 en Valparaíso; 55m²-D3 en Santiago y 70m²-D4.

De lo contrario con adaptación de las personas al clima, se recomienda asignar viviendas con FR más pequeños en Concepción y Valparaíso en 40m² decil D1; en 70m² deciles D1-D4; en 55m² D2 en Valparaíso y D3 en Concepción. Así mismo, se recomienda asignar viviendas con FRs mayores en 55m² decil D1 en Concepción y Valparaíso; D4 en Valparaíso y D4 en Valparaíso con 70m².

En relación a la dispersión del riesgo FPPRI, en general disminuye cuando aumenta el nivel de ingreso, en todas las ciudades y viviendas de 40m², al igual que en Santiago en 55m². Por otro lado, la ciudad con mayor dispersión, o bien, el rango entre el máximo y mínimo valor entre los tres FRs, analizados puede variar como máximo 13,3% en Valparaíso en 70m² en el decil D1, seguido en segunda instancia con 3,6% en Concepción con 55m² y D3 y finalmente en Santiago con 1,3% en 70m² y decil D2.

Por lo tanto, se estima que al considerar “solo el efecto del Ratio de Forma en el riesgo”, la dispersión es general no es significativa. Es decir, podría ser usado cualquier FR en cualquier caso (excepto en Valparaíso en 70m² y D1) no superando el 4% de variación respecto del valor medio.

Respecto del FPPRI mínimo, las familias con deciles de ingreso comprendido entre D3 y D4 en cualquier ciudad en 40m²; D3-D4 en Santiago con 55m² y decil D2 en 40m² y D4 en 70m² en Santiago; son los únicos que estrictamente podrían usar cualquier tipo de vivienda, si consideran la aplicación del confort adaptativo.

Sin embargo, las familias que se encuentran cercanas a los “deciles Frontera” (junto a los deciles con riesgo FPPRI igual a 0% en este caso) casos tales como: D1 en 40m² y D2 en 55m² en Santiago, D4 en 55m² en Concepción-Valparaíso y D3 en 70m² en Santiago; también podrían ser considerados como candidatos a ocupar estos tamaños de viviendas, por presentar siempre un riesgo menor al 1% en estas situaciones.

Se concluye que, incluso en familias de ingresos más vulnerables en el decil D1 y tamaños de viviendas más pequeños en 40m² (que se ven favorecidos por el menor riesgo al considerar confort adaptativo) como así mismo, en deciles y viviendas de tamaños mayores como en 70m²-D4; podrían asignar más del 10% de sus ingresos para poder pagar las cuentas de energía, a pesar de adaptar su uso al clima. Los riesgos promedios de estos casos son de 28,4% y 19,7% respectivamente, en las ciudades de Concepción y Valparaíso.

Se identificó que no existen casos donde el riesgo FPPRI máximo sea superior al límite del 10% del consumo de energía, el 100% de los casos (FPPRI=100%). Presentándose siempre el mayor riesgo en el decil D1 en todas las ciudades y tamaños. Con Valparaíso liderando el riesgo en viviendas de 40m² (29,1%) y 55m² (51,8%). Sin embargo, en 70m² el mayor riesgo se produce en Concepción con 76,1%.

Así mismo, el riesgo FPPRI en Santiago siempre es menor que en las demás ciudades, tamaños y deciles; fluctuando entre “riesgo cero” a 33,1% entre 40m² a 70m². Concepción y Valparaíso por su parte, el riesgo varía entre 0% a 76,1% y 0% a 72,5% entre 40m² y 70m² respectivamente.

Del riesgo FPI mínimo, se concluye que no existen situaciones donde sea inferior al límite del 10% del consumo de energía, en el 100% de los casos (FPI=0%). Sin embargo, en todas las ciudades el mínimo riesgo se presenta en 40m² y decil D4; con riesgos promedios de 20,1% en Santiago; 55,6%, en Concepción y 95,5% en Valparaíso.

Se concluye además que, el PRFPI, disminuye en general en todos los casos al aumentar el tamaño de la vivienda. Sin embargo, en los deciles D3 y D4 en Santiago en todos los tamaños aumenta. Así mismo en Concepción y Valparaíso en D4, el mayor PRFPI se produce en 55m².

Por otro lado, solo en Valparaíso y Concepción en 55m² y 70m² el PRFPI aumenta al aumentar el nivel de ingreso. En los demás casos, el máximo se presenta solo en lugares específicos.

Luego en 40m² el PRFPI máximo podría fluctuar entre 20,1% en D4-Santiago a 100% en D3 en Valparaíso; en 55m² entre 48,2% en D1-Valparaíso a 99,5% en D4 en la misma ciudad. Finalmente en 70m², entre 23,9% en D1 en Concepción y 80,6% en D4 en la misma ciudad.

Por otro lado los mejores posibles casos de asignación de viviendas, considerando el máximo desempeño del indicador PRFPI \geq al 90%; se podrían presentar en las siguientes situaciones: 40m² en Santiago, deciles D1 y D2; Concepción, deciles D2-D3 y Valparaíso D2-D3-D4. En 55m², en Santiago, deciles D2 y D3; Concepción y Valparaíso, decil D4. Finalmente en 70m² en Santiago, deciles D3 y D4.

En lo que a patrones de comportamiento o tendencias del PRFPI, entre tamaños de viviendas por ciudades se refiere; se concluye que este disminuye en forma general, al aumentar la superficie de la vivienda en todos los deciles y ciudades excepto en Santiago en los deciles D3 y D4.

5.1.2. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

En general las posiciones más expuestas al riesgo, en todos los casos estudiados, son las “Esquinas” del 1^{er} nivel, adicionando los “Centros” y las “Esquinas” del 3^{ro}, en función del aumento del tamaño de la vivienda y la disminución del ingreso. Así mismo, las de menor riesgo se presentan en los “Centros” del 2^{do} nivel, adicionando los “Centros” del 3^{ro} y las posiciones de “Esquinas” del 2^{do} y 3^{ro}, en función de la disminución del tamaño de la vivienda y el aumento del ingreso.

Existen posiciones específicas con riesgo 0%, considerando el indicador FPI, en Santiago en los deciles D3-D4 en 40m² y D4 en 55m² al igual que Concepción D4 con 40m².

Así mismo, existe riesgo 100% parcialmente prevaleciendo mayoritariamente en Santiago en D2 con 40m² y 70m²; D3 en todos los tamaños y D4 con 55m². Así mismo D3 con 40m² y D4 con 55m² en Concepción y D4 en 40m² en Valparaíso.

En general, existen posiciones específicas con riesgo 0% parcialmente, considerando el indicador FPPRI (excepto D1 en Concepción y Valparaíso con 70m²), donde se observan patrones de comportamiento similares en todos los casos estudiados.

Prevalciendo mayoritariamente todas las posiciones de “Esquinas-Centros” del 2^{do} y 3^{er} nivel, y cuyos comportamientos característicos se presenta en Santiago en 40m² solo el decil D1; en 55m², D1-D2 y en 70m², D1-D2-D3 más la posición “Centro” del 1er nivel en cada decil.

Así mismo, Concepción y Valparaíso en 40m², deciles D1-D2; en 55m², D2-D3-D4 más la posición “Centro” del 1^{er} nivel en D2 y D4 respectivamente y en 70m², D3-D4. En el mismo sentido, Concepción y Valparaíso en 55m² y decil D1, en la posición “Centro” del 3^{er} nivel y en todas las posiciones respectivamente. Además, Valparaíso en 70m² y decil D2, también se repite el mismo comportamiento.

En el mismo orden de ideas, existe riesgo FPPRI 100% solo parcialmente en Concepción y Valparaíso en los deciles D1-D2-D3 en todos los tamaños y posiciones del 1er nivel. Además, existe un cierto patrón de comportamiento característico para el riesgo 100% en Concepción y Valparaíso en 40m², solo D1; en 55m², D1-D2 y en 70m², D1-D2-D3.

Así mismo en el comportamiento de las posiciones se tiene: 40m², posición 1C en D1; en 55m², posición 1EC en D1 y 1E en D2. Finalmente en 70m²; posición 1EC en D1-D2-D3, excepto en Concepción D3, posición “Centro”. En relación con el punto anterior, no hay que perder de vista que también existen casos donde, el riesgo alcanza valores muy cercanos al máximo, como el caso de Santiago en 70m², decil D1 con 99,3%.

En general no se observaron patrones de comportamiento iguales para la relación del riesgo y el Ratio de Forma en todos los casos estudiados. Sin embargo, el riesgo de la vivienda disminuye en las posiciones de “Centro” con FR menores y en las “Esquinas” con FR mayores en todas las situaciones. Además esta relación aumenta al crecer el tamaño considerando el riesgo FPPRI y disminuyen con FPI. Siendo más representativos en ambos casos, en Concepción y Valparaíso.

Por otro lado, no existe una relación única entre el aumento del riesgo de FP y la variación del nivel de piso, al trasladarse desde una misma posición, en todos los casos por igual. Sin embargo con riesgo FPI en todos los casos, es mínimo en el 2^{do} nivel, aumentando a partir de este punto.

En general, la tendencia del riesgo en estos casos, podrían ocurrir mayoritariamente en Santiago, en todos los tamaños, ingresos D4 y posición “Centro”. Así mismo, solo en Santiago existen cuatro

casos particulares, donde el riesgo del 3^{er} nivel se iguala con el 1^o, en 40m²-D2 y 55m²-D3 posición “Centro” y en 40m²-D3 y 70m²-D2 posición “Esquina”.

El riesgo FPPRI también es mínimo en el 2^{do} nivel solo en Valparaíso en las posiciones de “Esquina” en 55m² y 70m², deciles D1-D2. En Concepción en el 3^o, en posiciones de “Esquinas-Centros” y en los mismos casos anteriores.

En todos los casos la BRP del riesgo FPPRI, al aumentar el nivel de piso, es mayor en los “Centros que en las Esquinas”. Además, al cambiar del 1^{er} nivel de piso con riesgo 100% al 2^{do} o 3^o; se podría sacar del umbral de riesgo a una familia de un determinado decil, con tan solo reasignar su vivienda en un nivel de piso más alto.

En general, las viviendas más expuestas a sufrir de FP, son las de menor tamaño y en posiciones de “Esquinas”. Luego con riesgo FPI la BRP se maximiza en general en viviendas pequeñas, deciles grandes y posiciones de “Centro”; excepto en Santiago donde la mayor BRP local en 40m² ocurre en el 3^{er} decil y el máximo general en 55m².

En este sentido y considerando el indicador de riesgo FPPRI, en general se concluye que las posiciones de “Centro” (al igual que con FPI) alcanzan su máxima BRP en Valparaíso y Concepción, en los deciles más pequeños, respecto de las posiciones de “Esquinas” en los deciles más grandes, para un mismo tamaño de vivienda en 55m² y 70m².

Sin embargo, en 40m² la posición de mayor BRP se produce en Valparaíso en las “Esquinas” y la menor en el “Centro” pero ambas en el decil D1. Además, disminuye al aumentar el ingreso.

En general, el riesgo de FP podría reducirse de 100% a 0% si se traslada a la familia desde el 1^{er} nivel a las posiciones de “Esquinas y Centros” del 2^{do} y 3^o, en los siguientes casos: 40m² decil D1 en Valparaíso; 55m² deciles D1-D2 y en 70m² deciles D2-D3 en Concepción y Valparaíso.

La BRP aumenta al crecer el tamaño de la vivienda. Sin embargo, en Concepción y Valparaíso la máxima BRP ocurre en 55m² en el decil D1 posición “Centro” y en D2 posición “Esquina”.

Así mismo, las máximas BRP por tamaños ocurren en 40m² en Valparaíso D1 posición de “Esquina”; en 70m² Concepción y Valparaíso D2-D3 en posiciones “Centro-Esquina”, respectivamente entre deciles y en Valparaíso D3 posición “Centro”.

En términos de ciudades, la mayor BRP se presenta, para un mismo decil en diferentes posiciones, en Valparaíso seguido de Concepción en 40m². Sin embargo, en 55m² y 70m² la BRP es igual en Concepción y Valparaíso.

Las viviendas ubicadas en el 1^{er} nivel en ambas posiciones y en cualquiera de las dos configuraciones de riesgo FPI o FPPRI, principalmente en Concepción y Valparaíso en 55m² y 70m² entre D1 al D3; están siempre expuestas a riesgo 100%.

La adaptación adaptativa que pueden hacer las personas, afecta fuertemente la reducción del riesgo en todos los casos, existiendo además condiciones de riesgo 0% en el 2^{do} y 3^{er} nivel en todas las situaciones.

En la medida que aumenta el tamaño de la vivienda, el impacto entre ciudades disminuye, es decir, las viviendas de 40m² y los deciles de ingresos más bajos, son más sensibles al aumento de riesgo entre ciudades.

5.1.3. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

En relación con ambos indicadores de PE promedio, se observa en general que, las orientaciones más expuestas al riesgo, son las comprendidas entre el arco azimut que va desde el “SW al SE” y las menos, del “NW al NE” en todos los casos estudiados; con una fuerte componente “S” -“N” respectivamente.

Sin embargo, existen algunas singularidades y en particular, donde el riesgo promedio máximo es marginal y/o cuando la diferencia entre el máximo y el mínimo tiende a 0%, donde las componentes de mayor riesgo tienden a ubicarse generalmente en las orientaciones “W” y/o “E” y las menores, en los arcos “SW al SE” y/o “NW” al “NE”.

De la relación de forma y el riesgo se concluye que no se existen patrones de comportamiento iguales en todos los casos estudiados. Sin embargo, considerando el indicador de riesgo FPI conviene asignar viviendas con Ratios de Forma más pequeños, en el 92,3% de las combinaciones específicas estudiadas, que se presentan con más frecuencia en Concepción en 40m²-55m², deciles D3 y D4 respectivamente y en Santiago en el mismo orden. Así mismo, solo conviene asignar FR mayores en 7,7% de las combinaciones en Concepción en 40m²-D4.

En el mismo orden de ideas, considerando el riesgo FPPRI, conviene asignar viviendas con FR más pequeños, en el 71,4% de las situaciones, en Concepción y Valparaíso en todos los casos y en Santiago en 70m²-D2. Además, solo en el 28,6% de las combinaciones en las mismas ciudades anteriores, en 40m² decil D2; 55m²-D1 y 70m² D1-D2 con FR más mayores.

Al cambiar de orientaciones de mayor a menor riesgo, en Concepción se logra reducir el riesgo FPI más rápido en los deciles de ingresos mayores (D4) que en Valparaíso y Santiago.

La Brecha de Reducción del Riesgo Promedio máximo (BRP) que se puede lograr en los análisis de orientaciones, considerando AC, es 52,3% mayor que con sistemas HVAC.

En ambos casos, las máximas BRP se producen en Concepción, en general al cambiarse desde el "S" al "N", en los deciles D4 en 40m² y decil D1 en 70m² respectivamente.

Luego, una familia en la ciudad de Concepción podría reducir casi a la mitad su riesgo de pobreza energética respecto de Valparaíso y Santiago en viviendas de menor tamaño (40m²) y solo con niveles de ingresos más altos (D4).

Solo en Santiago y Concepción en los deciles D3 y D4 respectivamente, las posibilidades de reducir el riesgo se minimizan al aumentar el tamaño de la vivienda y se maximizan al aumentar el ingreso excepto en Santiago en 40m², donde la BRP se reduce del 3^{ro} al 4^{to} decil en 33,3%.

Las familias en Santiago al considerar confort adaptativo podrían tener un riesgo máximo en cualquier orientación y tamaño de viviendas que afectan particularmente a los deciles de ingreso D1 y D2 de 33,3%.

Así mismo, el decil de ingreso más vulnerable, podría indistintamente tener el mismo riesgo en una vivienda de 55m² o de 70m², si la vivienda está orientada en dirección del arco "SW" al "SE". Sin embargo, si la vivienda de 55m² está orientada en dirección del arco "NW" al "NE", su riesgo podría disminuir en promedio 40%.

En el mismo orden de ideas, una familia en la ciudad de Concepción y Valparaíso, al considerar confort adaptativo, podría llegar a tener un riesgo máximo en 40m² de 33,3% (al igual que en Santiago); de 67% en 55m² en el decil de ingreso más vulnerable (D1).

En 70m² el riesgo máximo que podría alcanzar este decil es mayor en Concepción que en Valparaíso con 100% y 83,3% respectivamente.

Sin embargo, familias en estas ciudades en condiciones de riesgo HVAC, tienen 100% de riesgo en todos los casos, excepto en 40m², en los deciles D3-D4, donde en las mejores condiciones podría llegar a 76% y 43% respectivamente.

Así mismo, considerando las mejores orientaciones en Concepción en viviendas de 55m², el riesgo podría llegar a 77,0%, y en Valparaíso en viviendas de 40m² a 87,0%, pero solo con niveles de ingreso D4.

5.1.4. INFLUENCIA DEL ENTORNO URBANO SOBRE LA POBREZA ENERGÉTICA

Las Combinaciones de Objetos Remotos de mayor y menor riesgo en todos los estudios, COR-3-6-9 y COR-1-4-7 respectivamente, coinciden con todas las combinaciones de distancias y alturas máximas (D3,00-H8,60; D4,36-H8,60; D5,71-H8,60) y mínimas (D3,00-H4,00; D4,36-H4,00; D5,71-H4,00) formuladas.

No existe relación ni dependencia entre las distintas Combinaciones de Objetos Remotos y el Ratio de Forma de las viviendas estudiadas, en todos los casos por igual, excepto en Santiago en viviendas de 40m² y decil D3, donde el riesgo aumenta en todas las combinaciones.

Respecto del riesgo FPI, se concluye en general que el riesgo promedio que podría enfrentar una familia en Concepción y Valparaíso en viviendas de 40M² en el decil D1; 55M² en D2 y 70M² en D3; como así mismo, en Santiago en viviendas de 55m² en D1 y 70m² en D1 y D2; es de 33,3% como máximo en las combinaciones COR-3-6-9.

En 70m² las ciudades de Concepción y Valparaíso en el decil de ingreso más vulnerable (D1) se concluye que el riesgo podría fluctuar entre 62,1% a 94,8% en todas las “Combinaciones de Objetos Remotos”, independiente de la adaptación que pudieran hacer las personas respecto del clima.

Por otro lado, se concluye que el máximo riesgo FPPRI en todas las viviendas se presenta siempre en el decil D1; con riesgos máximos promedios en Concepción y Valparaíso que podrían fluctuar

entre 33,3% en 40m²; 65,6% en 55m² y 88,4% en 70m² en ambas ciudades. Así mismo en Santiago podría oscilar entre 2,8% en 40m² y 33,3% en 55m²-70m².

También resalta en general, que de acuerdo a la Tabla 3.4, el costo de energía, para un mismo tipo de tarifa, es mayor en Valparaíso que en las demás ciudades estudiadas. En efecto, el consumo de energía para 1 (kWh/mes) en las ciudades de Concepción y Santiago, puede llegar a ser respectivamente, entre 31,7% a 39,6% más barato que en Valparaíso.

5.2. CONCLUSIONES GENERALES

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el riesgo de pobreza energética de tres ciudades de Chile aplicando el método FPPRI, resultando en 93.312 casos de estudio, teniendo en cuenta además, la influencia del Confort Adaptativo en vivienda social; familias de los cuatro deciles de ingresos más bajos de nuestro país; tres zonas climáticas diferentes que corresponden a ciudades representativas de la población nacional en las regiones del Biobío, Santiago y Valparaíso.

En relación a lo anterior, se puede concluir que el método permite discriminar el riesgo en distintos contextos en forma adecuada, dado que se puede seleccionar excluyendo o asignado casos o zonas de riesgo en función de las distintas combinaciones de variables analizadas y por sobre todo en familias de menores ingresos.

Sin embargo, es importante señalar que el procesamiento de la información Post-Simulación y el conjunto de análisis posteriores, pueden ser mejorados respecto a lo planteado por (Pérez-Fargallo et al. 2017), sistematizando el proceso a través de herramientas estadísticas y/o programas diseñados en forma ad-hoc. Esto último objeto permitir administrar grandes volúmenes de datos y tiempos de procesamiento y análisis, de una forma más eficiente y efectiva que las llevadas a cabo de forma manual.

En general, se identificó que el método FPPRI tiene capacidad para evaluar y discriminar el riesgo adecuadamente entre distintos contextos y además, presenta resultados relevantes para el proceso de toma de decisiones, sin embargo, aún queda mucho camino para investigar, sobre todo en lo referente a precisar aspectos tales como, la relación del riesgo y el Ratio de Forma de la vivienda, el desarrollo y utilización de modelos de confort adaptivos locales aplicados a las zonas

particulares de estudio, la configuración y temperaturas de consigna de los parámetros de simulación, entre otros.

Queda demostrado que aplicar modelos de confort adaptativo en viviendas sociales en estas tres zonas climáticas, permitiría ajustar el consumo obtenido mediante simulación en relación a los consumos reales de la vivienda.

En este sentido, el “Porcentaje de Reducción de Consumo de Energía” (PRCE) disminuye al aumentar el tamaño de la vivienda en todos los casos. Así, el mayor PRCE promedio por ciudades se presenta en Santiago con valores que pueden fluctuar entre 73,5% y 81,4%; y el menor se produce en Concepción entre 62,1% a 71,4%. Con Valparaíso finalmente fluctuando entre 69,2% a 76,1%.

Así mismo, no se debe perder de vista la desviación estándar del PRCE, la que aumenta en todos los casos al crecer el tamaño de la vivienda. Luego los mayores valores de dispersión se presentan en Valparaíso con 10,6% en 70m², seguido de Concepción en 40m² y 55m² con valores de 8,4% y 9,4% respectivamente. La dispersión mínima acontece en Santiago en 40m² pudiendo llegar a 6,8%.

De aquí resalta la importancia de considerar en el pronóstico del riesgo, el “Confort Adaptativo”, dado que, incluso en familias de ingresos más vulnerables y menores tamaños de viviendas que se ven favorecidos por el menor riesgo al considerarlo; como así mismo, en deciles de ingresos y viviendas de tamaños mayores; tendrán que asignar más del 10% de sus ingresos para poder pagar las cuentas de energía, a pesar de adaptar su uso al clima.

Así mismo, queda demostrado en las tres zonas climáticas consideradas, que el confort adaptativo tiene potencial para cuantificar el riesgo de pobreza de combustible, siendo las exigencias de confort térmico una de las variables que más afecta al riesgo de pobreza energética.

En este sentido, el comportamiento de la variable respuesta en función de la forma de distribución (asimetría) y la varianza de sus datos, debe someterse a las limitaciones prácticas de uso de este estadígrafo de tendencia central.

Así mismo, el instrumento de medición empleado debe ser confiable y tener validez estadística para ser usado como predictor. Por lo tanto, se deben estudiar métricas y realizar si es necesario,

ajustes de la distribución de datos obtenidos a modelos de distribución ad-hoc que permitan utilizar sus propiedades para predecir en forma más confiable el riesgo de pobreza de combustible.

Por otro lado y objeto de poder predecir y monitorear adecuadamente la evolución del riesgo PE en el tiempo, se deben abordar en estudios posteriores temas relacionados con el cambio climático, pronósticos de ingresos y costos de energía, como así mismo, el desarrollo y aplicación de modelos de confort adaptativos representativos de cada zona climática en particular.

En relación con el punto anterior, los modelos convencionales utilizados para medir PE permiten radiografiar una situación de pobreza en un determinado contexto, sin embargo, es necesario desarrollar nuevos y mejores modelos predictivos. Toda vez que son los sectores más vulnerables de la sociedad los que están afectados a esta realidad, y más aún cuando los efectos de una decisión mal planificada, pudiera acarrear sobre ellos consecuencias desfavorables que afectan su dignidad y calidad de vida.

Uno de los aspectos convenientes que se debe aclarar de los resultados obtenidos es que en general los modelos de confort adaptativo utilizados en esta investigación (CEN 15251-III) a pesar de ser flexibles y dinámicos por su capacidad de recoger una mayor amplitud de temperaturas de confort de los usuarios que los otros modelos estáticos; tampoco son representativos de la realidad de las viviendas sociales de nuestro país.

Por tanto, los niveles de demanda y consumo de energía obtenidos en esta investigación podrían parecer sobredimensionados en relación a la capacidad real que existe para pagar por estos niveles de confort en los hogares más vulnerables. Sin embargo, y como se ha señalado en puntos anteriores, el objetivo de este estudio era evaluar el riesgo de pobreza energética en diferentes combinaciones de clima, costo de energía, deciles de ingreso y desempeño energético de la vivienda, más que conocer el valor mismo de la pobreza energética de cada hogar.

Respecto de la relación del Ratio de Forma y el riesgo FPI-FPPRI en función de los distintos análisis que consideraron además las variables “Posición, Orientación y Combinaciones de Sombras”; se concluye en general que existen patrones comunes de comportamiento, en el cual se ven afectados los mismos deciles de ingresos y tamaños de viviendas.

Ergo, solo en algunas circunstancias, la relación de aumento y/o disminución del FR, se ve acompañada por la misma respuesta del riesgo PE en todos los casos por igual. Así mismo, los lugares comunes de comportamiento en los cuatros estudios realizados, presentan coincidencia con riesgo FPPRI son: 40m²-D1; 55m²-D1-D2-D3 y 70m²-D1-D2-D4. Así mismo con riesgo FPI en 40m²-D3-D4 y en 55m²-70m² en D4.

Se concluye además que en las ciudades con mayor riesgo, también las medidas de reducción de las personas al aplicar confort adaptativo benefician a un mayor número de familias de bajos ingresos.

Respecto de ambos tipos de riesgos evaluados, se concluye que en todos los tipos de análisis realizados, existe un denominador común. Teniendo en cuenta que con el indicador FPI, se presenta un 100% de riesgo completamente en el decil D1 en todos los casos; D2-D3 en Concepción y Valparaíso, en todos los tamaños (excepto Concepción D3 en 40m²); D2 en Santiago-55m²; D4 en Valparaíso-55m² y en Valparaíso-Concepción en 70m².

Así mismo, con el indicador de riesgo FPPRI, se alcanza condiciones de riesgo 0% completamente en Santiago, decil D2 con 40m²; D3-D4 en 55m² y D4 en 70m². Al igual que en los deciles D3-D4 en todas las ciudades en 40m².

Respecto de la relación del riesgo FPI y FPPRI vs ratio de forma para los “Análisis de Posiciones”, se concluye que en general el riesgo de la vivienda disminuye en las posiciones de “Centro” con FR menores y en las “Esquinas” con FR mayores en todas las situaciones.

Así mismo, en lo concerniente a la Brecha de Reducción Promedio del riesgo FPPRI, (BRP), al cambiar de nivel de piso en una misma posición; se concluye que al mover desde el nivel 1^{er} nivel con condiciones de riesgo 100%, en una posición de “Esquina o Centro”, a un 2^{do} o 3^{ro} en las mismas posiciones; se podría sacar del umbral de riesgo a una familia de un determinado decil, con tan solo reasignar su vivienda en un piso más alto del edificio.

Respecto de este mismo “Análisis de Posición” se concluye que existen ciertas posiciones específicas de las viviendas las familias, indistintamente que puedan hacer o no adaptación adaptativa al clima, son indiferentes al riesgo de PE.

Existen casos de estudio donde en determinadas ciudades, posiciones y deciles de ingreso e indistintamente de la adaptación que pudiesen hacer respecto del clima y/o del uso de los sistemas HVAC en su operación; su riesgo de caer en PE no sobrepasa en ninguno de los casos anteriores, el umbral de riesgo del 10% en gasto de energía. Es decir, en estas posiciones de viviendas las familias son indiferentes al riesgo de PE. Esto en general, ocurre en 7 posiciones que se dan mayoritariamente en los deciles D3-D4, en las ciudades de Santiago y Concepción, en 40m² y 55m² y en las posiciones 2C-3C y 2E.

5.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Si bien el método FPPRI ha sido probado exitosamente en este estudio, se debe tener presente que tanto, la creación de los prototipos de viviendas para el proceso de Simulación, el algoritmo matemático para la obtención de la métrica de PE y la relación estadística de las variables causales del comportamiento del modelo, deben ser estudiadas con más profundidad en estudios futuros. Y en especial en lo que respecta a la conveniencia de aplicar el estadístico “Media Aritmética” como estimador del riesgo promedio de la población estudiada.

En el mismo sentido, existen muchas situaciones en todos los tipos de análisis donde existen “Deciles Frontera”, los que se encuentran muy próximos a tener riesgo 0% o 100%. Por lo tanto, una vez conocido el riesgo, podrían ser a futuro considerados y validados para su asignación con posteriores estudios de la vivienda, mediante aplicación de modelos de confort adaptativos que representen las singularidades propias del clima y del entorno urbano de cada zona climática en particular.

Por otro lado, dada la particular influencia que tiene en el desempeño energético de las viviendas sociales, las tasas de infiltración y de renovación de aire, se abre un campo interesante en el estudio del fenómeno de pobreza energética, conocer el peso relativo que esta tiene, por sobre las variables y factores ya analizados.

En este mismo sentido, cabe también mencionar, que sería importante estudiar desde el punto de vista de la mejora propuesta por la normativa NTM-11, los efectos que podría llegar a tener esta propuesta de mejora, en la reducción del riesgo de pobreza energética en los distintos contextos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- AMBROSE, A.R., 2015. Improving energy efficiency in private rented housing: Why don't landlords act? *Indoor and Built Environment*, vol. 24, no. 7, pp. 913-924. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X15598821.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, R. and A.C.E. (ASHRAE), 2013. *ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ISBN 1041-2336.
- ATSALIS, A., MIRASGEDIS, S., TOURKOLIAS, C. y DIAKOULAKI, D., 2016. Fuel poverty in Greece: Quantitative analysis and implications for policy. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 131, pp. 87-98. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2016.09.025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.025>.
- BAZILIAN, M., SAGAR, A., DETCHON, R. y YUMKELLA, K., 2010. More heat and light. *Energy Policy* [en línea], vol. 38, no. 10, pp. 5409-5412. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2010.06.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.007>.
- BHATIA, M. y ANGELOU, N., 2014. Capturing the Multi-Dimensionality of Energy Access. *Livewire: A knowledge note series for the energy & extractives global practice knowledge note series for the energy & extractives global practice*, pp. 1-8.
- BIROL, F., 2007. Energy Economics: A Place for Energy Poverty in the Agenda? - Research Library - ProQuest. *The Energy Journal* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 1-6. DOI 10.2307/41323106. Disponible en: <http://search.proquest.com.proxy2.cl.msu.edu/pqrl/docview/222051947/abstract/9CE96212692B4C19PQ/17?accountid=12598>.
- BOARDMAN, B., 1991. *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*. S.l.: s.n.
- BOARDMAN, B., 2010. *Fixing Fuel Poverty: Challenges and Solutions*. London: Earthscan.
- BOLLINO, C.A. y BOTTI, F., 2017. Energy Poverty in Europe: A Multidimensional Approach. *PSL Quarterly Review*, vol. 70, no. 283, pp. 473. ISSN 2037-3635.

- BOUZAROVSKI, S. y PETROVA, S., 2015. A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty-fuel poverty binary. *Energy Research and Social Science* [en línea], vol. 10, pp. 31-40. ISSN 22146296. DOI 10.1016/j.erss.2015.06.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.007>.
- BOUZAROVSKI, S., PETROVA, S. y TIRADO-HERRERO, S., 2014. From Fuel Poverty to Energy Vulnerability: The Importance of Services, Needs and Practices. *Working Paper Series SWPS 2014-25*, no. University of Sussex.
- BOUZAROVSKI, S., PETROVA, S. y TIRADO-HERRERO, S., 2016. From Fuel Poverty to Energy Vulnerability: The Importance of Services, Needs and Practices. *Ssrn*, no. January. DOI 10.2139/ssrn.2743143.
- BRADSHAW, J., SUE, M., DAVIS, A., SMITH, N., OLDFIELD, N., CUSWORTH, L. y WILLIAMS, J., 2008. A minimum income standard for Britain. *Minimum Income Standard* [en línea], Disponible en: http://www.minimumincomestandard.org/downloads/launch/mis_report_july_08.pdf.
- CALVO, R., AMIGO, C., BILLI, M., CORTÉS, A., MENDOZA, P., TAPIA, R., URQUIETA, M.A. y URQUIZA, A., 2019. Acceso equitativo a energía de calidad en Chile. Hacia un indicador territorializado y tridimensional de pobreza energética. *Documento de trabajo N°5*. S.l.:
- CASTAÑO-ROSA, R., SOLÍS-GUZMÁN, J. y MARRERO, M., 2018. A novel Index of Vulnerable Homes: Findings from application in Spain. *Indoor and Built Environment*, vol. 0, no. 0, pp. 1-20. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X18764783.
- CGE DISTRIBUCIÓN-BIOBIO, 2017. Tarifas de Suministro Eléctrico. [en línea]. S.l.: Disponible en: http://www.cgedistribucion.cl/wp-content/uploads/2017/05/Tarifas-de-Suministro_CGED_Mayo-2017.pdf.
- CHILQUINTA ENERGÍA-VALPARAÍSO, 2017. Tarifas de Suministro Eléctrico. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.chilquinta.cl/storage/pdf/2bfc0aef3a8f0d731ed89c09eeb25335.pdf>.
- COMMISSION EUROPEAN, 2019. European Union Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC), Eurostat. [en línea]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/income-and>

living-conditions/data/database.

CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, 2010. Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial. , pp. 404.

CSIBA, K., BAJOMI, A. y GOSZTONYI, Á., 2016. *Energy Poverty Handbook*. Brussels: European Union.

CULVER, L.C., 2017. Energy Poverty: What You Measure Matters. En: U. STANFORD UNIVERSITY, CA (ed.), *Symposium: Reducing Energy Poverty with Natural Gas: Changing Political, Business, and Technology Paradigms* [en línea]. Stanford: s.n., Disponible en: https://ngi.stanford.edu/sites/default/files/NGI_Metrics_LitReview%282-17%29.pdf.

DEL VALLE, M. y ANSOLEAGA, A., 2018. Pobreza energética: Análisis de experiencias internacionales y aprendizajes para Chile. *Santiago de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD* [en línea]. Santiago de Chile: Documento de trabajo enmarcado en el proyecto 00097782, «Desarrollo de un marco conceptual y metodológico para abordar la pobreza energética en Chile». Disponible en: http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/library/environment_energy/pobreza-energetica-- analisis-de-experiencias-internacionales-y-a.html.

DUBOIS, U., 2012. From targeting to implementation: The role of identification of fuel poor households. *Energy Policy* [en línea], vol. 49, pp. 107-115. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2011.11.087. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.087>.

ENEL-SANTIAGO, 2017. Tarifa de Distribución Eléctrica. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.enel.cl/content/dam/enel-cl/personas/tarifas-y-reglamentos/tarifas/tarifas-historicas/tarifas-flexibles-reguladas/tarifas-suministro-clientes-regulados-201705.pdf>.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION-CEN, 2007. EN 15251:2007: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor quality, thermal environment, lighting and acoustics. . Brussels:

FABBRI, K., 2015. Building and fuel poverty, an index to measure fuel poverty: An Italian case study. *Energy* [en línea], vol. 89, pp. 244-258. ISSN 03605442. DOI 10.1016/j.energy.2015.07.073. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.073>.

FLORIO, P. y TEISSIER, O., 2015. Estimation of the energy performance certificate of a housing stock characterised via qualitative variables through a typology-based approach model: A fuel poverty evaluation tool. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 89, pp. 39-48. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.12.024. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.024>.

FRIEL, S., 2007. Housing, Fuel Poverty and Health: A Pan-european Analysis. *Health Sociology Review* [en línea], vol. 16, no. 2, pp. 195-197. ISSN 1446-1242. DOI 10.5172/hesr.2007.16.2.195. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5172/hesr.2007.16.2.195>.

HEALY, J.D. y CLINCH, J.P., 2003. Fuel poverty, thermal comfort and occupancy: results of a national household-survey in Ireland Healy, J. D and Clinch, J. P. *Applied Energy*, 2002, 73, (3–4) 329–343. *Fuel and Energy Abstracts* [en línea], vol. 44, no. 4, pp. 267. ISSN 01406701. DOI 10.1016/S0140-6701(03)82251-8. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140670103822518>.

HEALY, J.D.J.D., 2004. Housing, Fuel Poverty and Health: a Pan-European Analysis. , pp. 250.

HEINDL, P., 2015. Measuring Fuel Poverty: General Considerations and Application to German Household Data. *Finanz Arch* 2015, vol. 71, no. 2, pp. 178-215. DOI 10.1628/001522115X14285723527593.

HEYMAN, A., STOCKTON, H., HEYMAN, B., HARRINGTON, B.E., RITCHIE, N., MERLEAU-PONTY, N., HONS, B.A., HEYMAN, B., HONS, N.M.B.A., HONS, H.S., RITCHIE, N. y HONS, A.H., 2005. Keeping warm and staying well: findings from the qualitative arm of the Warm Homes Project. *Health and Social Care in the Community*, vol. 13, no. 3, pp. 259-267. ISSN 0966-0410. DOI 10.1111/j.1365-2524.2005.00558.x.

HILLS, J., 2011. Fuel Poverty: The Problem and its Measurement – Interim Report of the Fuel Poverty Review, CASE Report 69. . S.I.:

HILLS, J., 2012. Getting the measure of fuel poverty: Final Report of the Fuel Poverty Review. , pp. 1-237. ISSN 1465-3001. DOI ISSN 1465-3001.

INN-NCH1079.OF2008, 2008. *Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico* [en línea]. 2008. S.l.: s.n. Disponible en: <http://tipbook.iapp.cl/ak/a871a9028e2d17e03ecbc8b26cef7a6b0b0b13b5/embed/view/minvu-nch01079-2008-049>.

KOH, L., MARCHAND, R., GENOVESE, A. y BRENNAN, A., 2012. Fuel Poverty. Perspectives from the front line. ,

LAMBIE-MUMFORD, H., SNELL, C. y HUNT, T., 2016. «Heating or eating» and the impact of austerity. [en línea], no. 19. Disponible en: <http://speri.dept.shef.ac.uk/wp-content/uploads/2016/02/SPERI-Brief-19-Heating-or-Eating-and-the-impact-of-austerity.pdf>.

LEGENDRE, B. y RICCI, O., 2014. Measuring fuel poverty in France: Which households are the most fuel vulnerable? *Energy Economics* [en línea], vol. 49, no. July 2010, pp. 620-628. ISSN 01409883. DOI 10.1016/j.eneco.2015.01.022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.022>.

LEGROS, G., HAVET, I., BRUCE, N. y BONJOUR, S., 2009. The Energy Access Situation in Developing Countries: A Review Focusing on the Least Developed Countries and Sub-Saharan Africa. *UNDP WHO New York* [en línea], pp. 142. ISSN 1488-2329. DOI 10.1503/cmaj.160656. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:THE+ENERGY+ACCESS+SITUATION+IN+DEVELOPING+COUNTRIES+A+Review+Focusing+on+the#0>.

LOVE, J. y COOPER, A.C.G., 2015. From social and technical to socio-technical: Designing integrated research on domestic energy use. *Indoor and Built Environment*, vol. 24, no. 7, pp. 986-998. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X15601722.

LUEBERT, F., PLISCOFF, P. y ANWANDTER, C., 2006. Los límites del clima mediterráneo en Chile. , pp. 64-69.

MINIACI, R., SCARPA, C. y VALBONESI, P., 2014. Fuel Poverty and the Energy Benefits System: The Italian Case. *Ssrn*, DOI 10.2139/ssrn.2433441.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL CASEN, M. diagnóstico y desafíos para C. y sus territorios

(2006-2015), 2015. AMPLIANDO LA MIRADA SOBRE LA POBREZA Y LA DESIGUALDAD. . S.l.:

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA-MDSF, 2019. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional-CASEN. [en línea]. Disponible en: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/casen_2017.php.

MINISTERIO DE ENERGÍA, 2013. *FIJA FÓRMULAS TARIFARIAS APLICABLES A LOS SUMINISTROS SUJETOS A PRECIOS REGULADOS QUE SE SEÑALAN, EFECTUADOS POR LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS DE DISTRIBUCIÓN QUE INDICA* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/07/2013_04_02-Decreto-N1T-Tarifas-de-distribución-DO.pdf.

MINISTERIO DE ENERGÍA, 2017. *Energía 2050 Política Energética de Chile - Segunda Edición.* , pp. 16. MINISTERIO DE ENERGÍA CHILE, 2017. *Política Energética de Chile 2050.* [en línea]. Chile: 2da edición. Disponible en: <http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2017/12/Politica-Energetica-Nacional.pdf>.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO-MINVU, 2014. *Anteproyecto de Norma NTM 011/2 2014: Requisitos y mecanismos de acreditación para acondicionamiento ambiental de las edificaciones. Parte 2: Comportamiento higrotérmico.* , pp. 1-9.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO [MINVU], 2008. *Manual para el diseño y ejecución de Planes de Habilitación Social.* [en línea]. S.l.: Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20080620154206.aspx.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO [MINVU], 2018. *Decreto Supremo 47-Nuevo Texto de la Ordenanza General de la ley General de Urbanismo y Construcciones, OGUC.* [en línea]. 2018. Santiago, Chile: s.n. Disponible en: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8201>.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO [MINVU], 2019. *Estándares de Construcción Sustentables para Viviendas en Chile.* [en línea]. [Consulta: 28 abril 2019]. Disponible en: <http://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/No Title>.

MOORE, R., 2012. Definitions of fuel poverty: Implications for policy. *Energy Policy* [en línea], vol.

49, pp. 19-26. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2012.01.057. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.057>.

NATIONAL ENERGY ACTION, 2016. Action for Warm Homes. .

NUSSBAUMER, P., BAZILIAN, M. y MODI, V., 2012. Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], vol. 16, no. 1, pp. 231-243. ISSN 13640321. DOI 10.1016/j.rser.2011.07.150. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.150>.

OBSERVATORIO SOCIAL: MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA-MDSF, 2017. CASEN 2017: Resultados de pobreza. [en línea], pp. 1-204. Disponible en: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/Resultados_pobreza_Casen_2017.pdf.

OBSERVATORIO URBANO-MINVU, 2019. Estadísticas Habitacionales en Chile. *Observatorio Urbano, sitio web con estadísticas e investigación del MINVU*.

OCDE, O. para la C. y el D.E., 2016. Chile signs up as first OECD member in South America. [en línea]. [Consulta: 28 abril 2019]. Disponible en: <http://www.oecd.org/chile/chilesignsupasfirstoecdmemberinsouthamerica.htm>.

ONU, 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. , pp. 1-17.

PÉREZ-FARGALLO, A., RUBIO-BELLIDO, C., GALLEGU-MAYA, I., PÉREZ, A., RUBIO, C. y GALLEGU, I., 2018. Influence of adaptive comfort models in execution cost improvements for housing thermal environment in Concepción, Chile. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 7. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su10072368.

PÉREZ-FARGALLO, A., RUBIO-BELLIDO, C., PULIDO-ARCAS, J.A., GALLEGU-MAYA, I., GUEVARA-GARCÍA, F.J., PÉREZ, A., RUBIO, C., PULIDO, J., GALLEGU, I. y GUEVARA, F.J., 2018. Influence of adaptive comfort models on energy improvement for housing in cold areas. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 3, pp. 1-15. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su10030859.

PÉREZ-FARGALLO, A., RUBIO-BELLIDO, C., PULIDO-ARCAS, J.A., JAVIER GUEVARA-GARCÍA, F.,

- PÉREZ, A., RUBIO, C., PULIDO, J. y GUEVARA, F.J., 2018. Fuel Poverty Potential Risk Index in the context of climate change in Chile. *Energy Policy*, vol. 113, no. October 2017, pp. 157-170. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2017.10.054.
- PÉREZ-FARGALLO, A., RUBIO-BELLIDO, C., PULIDO-ARCAS, J.A., TREBILCOCK, M., PÉREZ, A., RUBIO, C., PULIDO, J. y TREBILCOCK, M., 2017. Development policy in social housing allocation: Fuel poverty potential risk index. *Indoor and Built Environment*, vol. 26, no. 7, pp. 980-998. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X17713071.
- PRESTON, I., WHITE, V. y BLACKLAWS, K., 2014. Fuel and poverty: A Rapid Evidence Assessment for the Joseph Rowntree Foundation. *Joseph Rowntree Foundation Centre for Sustainable Energy* [en línea], pp. 99. Disponible en: www.cse.org.uk.
- RADEMAEKERS, KOEN; YEARWOOD, JESSICA; FERREIRA, ALIPIO; PYE, STEVE; HAMILTON, IAN; AGNOLUCCI, PAOLO; GROVER, DAVID; KARÁSEK, JIŘÍ; ANISIMOVA, N., 2016. Selecting Indicators to Measure Energy Poverty. *Trinomics*,
- RADEMAEKERS, K., YEARWOOD, J., FERREIRA, A., PYE, S., HAMILTON, I., AGNOLUCCI, P., GROVER, D., KARÁSEK, J. y ANISIMOVA, N., 2014. Selecting Indicators to Measure Energy Poverty. European Commission, DG Energy – Unit B3. [en línea]. Rotterdam: Disponible en: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Selecting Indicators to Measure Energy Poverty.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Selecting_Indicators_to_Measure_Energy_Poverty.pdf).
- RADEMAEKERS, K., YEARWOOD, J., FERREIRA, A., PYE, S., HAMILTON, I., AGNOLUCCI, P., GROVER, D., KARÁSEK, J. y ANISIMOVA, N., 2016. Selecting Indicators to Measure Energy Poverty. *Trinomics*. Rotterdam:
- REGISTRO SOCIAL DE HOGARES-MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y FAMILIA-(MDSF), 2019. Registro Social de Hogares: Calificación Socioeconómica (CSE). [en línea]. [Consulta: 25 abril 2019]. Disponible en: <http://www.registrosocial.gob.cl/>.
- ROMERO, J.C., LINARES, P., LÓPEZ OTERO, X., LABANDEIRA, X. y PÉREZ ALONSO, A., 2015. Energy poverty in Spain. Economic analysis and proposals for action. *Economics for Energy*. Madrid:
- ROMERO, J.C., LINARES, P. y LÓPEZ, X., 2018. The policy implications of energy poverty indicators.

Energy Policy, vol. 115, pp. 98-108. ISSN 0301-4215. DOI 10.1016/J.ENPOL.2017.12.054.

ROMERO, J.C., LINARES, P., OTERO, X.L., LABANDEIRA, X. y ALONSO, A.P., 2014. Pobreza Energética en España. Análisis económico y propuestas de actuación. , pp. 93.

RUBÉN CALVO, CATALINA AMIGO, MARCO BILLI , GERMÁN MARCHANT, A.U., 2018. *Alcances y limitaciones de indicadores internacionales para Chile*. S.l.: s.n. ISBN 9789563982886.

RUBIO-BELLIDO, C., PEREZ-FARGALLO, A., PULIDO-ARCAS, J.A.J.A., PÉREZ-FARGALLO, A., PULIDO-ARCAS, J.A.J.A., RUBIO, C., PÉREZ, A. y PULIDO, J., 2016. Optimization of annual energy demand in office buildings under the influence of climate change in Chile. *Energy*, vol. 114, pp. 569-585. ISSN 03605442. DOI 10.1016/j.energy.2016.08.021.

RUBIO-BELLIDO, C., PULIDO-ARCAS, J.A. y URETA-GRAGERA, M., 2015. Aplicabilidad de estrategias genéricas de diseño pasivo en edificaciones bajo la influencia del cambio climático en Concepción y Santiago, Chile. *Hábitat Sustentable*, vol. 5, no. 2, pp. 33-41.

RUBIO, C., PULIDO, J. y CABEZA, J., 2015. Adaptation strategies and resilience to climate change of historic dwellings. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 7, no. 4, pp. 3695-3713. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su7043695.

SÁNCHEZ-GUEVARA SÁNCHEZ, CARMEN; NEILA GONZALEZ, FRANCISCO JAVIER AND HERNÁNDEZ AJA, A., 2014. Towards a fuel poverty definition for Spain. *World Sustainable Building Conference*, pp. 11-17.

SÁNCHEZ DE LA FLOR, F.J., 2015. Proyecto ENCERTICUS: Adecuación de las simulaciones mediante corrección por facturas. *Jornada técnica sobre rehabilitación energética de edificios*, pp. 26.

SANTAMOURIS, M., PARAVANTIS, J.A., FOUNDA, D., KOLOKOTSA, D., MICHALAKAKOU, P., PAPADOPOULOS, A.M., KONTOULIS, N., TZAVALI, A., STIGKA, E.K., IOANNIDIS, Z., MEHILLI, A., MATTHIESSEN, A., SERVOU, E., SANTAMOURIS, M., PAPADOPOULOS, A.M., MEHILLI, A., PARAVANTIS, J.A., FOUNDA, D., IOANNIDIS, Z., STIGKA, E.K., KONTOULIS, N., SERVOU, E., TZAVALI, A., MICHALAKAKOU, P. y MATTHIESSEN, A., 2013. Financial crisis and energy consumption: A household survey in Greece. *Energy and Buildings*, vol. 65, pp. 477-487. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2013.06.024.

- SCHUESSLER, R., 2014. Energy Poverty Indicators: Conceptual Issues - Part I: The Ten-Percent-Rule and Double Median/Mean Indicators. *Ssrn*, no. 14. DOI 10.2139/ssrn.2459404.
- SECRETARÍA EJECUTIVA DESARROLLO DE BARRIOS-MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO [MINVU], 2014. Vivienda Social en Copropiedad: Catastro Nacional de Condominios Sociales. En: RENATO BERNASCONI (EXCEPTUANDO EL CAPÍTULO 4) (ed.) [en línea]. Primera Ed. S.l.: Disponible en: http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20141028132429&hdd_nom_archivo=02_Catastro_CCSS_single_page.pdf (2014).
- SNELL, C., BEVAN, M. y THOMSON, H., 2015. Justice, fuel poverty and disabled people in England. *Energy Research and Social Science* [en línea], vol. 10, pp. 123-132. ISSN 22146296. DOI 10.1016/j.erss.2015.07.012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2015.07.012>.
- SOCIAL, M.D.D., 2016. CASEN 2015, Ampliando la mirada sobre la pobreza y la desigualdad. , pp. 36.
- SPRENG, D. y PACHAURI, S., 2003. Energy use and energy access in relation to poverty. , no. January. DOI 10.2307/4414526.
- TESSER, C. y RIOSECO, R., 2019. *Cartografía interactiva de los climas de Chile* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva/index.htm.
- THOMSON, H., BOUZAROVSKI, S. y SNELL, C., 2017. Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: A critical analysis of indicators and data. *Indoor and Built Environment*, vol. 26, no. 7, pp. 879-901. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X17699260.
- THOMSON, H. y SNELL, C., 2013. Quantifying the prevalence of fuel poverty across the European Union. *Energy Policy* [en línea], vol. 52, no. 2013, pp. 563-572. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2012.10.009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.009>.
- TIRADO-HERRERO, S., 2017. Energy poverty indicators: A critical review of methods. *Indoor and Built Environment*, vol. 26, no. 7, pp. 1018-1031. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X17718054.

URQUIZA, A., AMIGO, C., BILLI, M. y LEAL, T., 2017. POBREZA ENERGÉTICA EN CHILE: ¿UN PROBLEMA INVISIBLE?: ANÁLISIS DE FUENTES SECUNDARIAS DISPONIBLES DE ALCANCE NACIONAL. [en línea]. S.l.: Disponible en: <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/wp-content/uploads/2017/09/Informe-RedPE-septiembre-2017-a.pdf>.

WALKER, R., MCKENZIE, P., LIDDELL, C. y MORRIS, C., 2014. Estimating fuel poverty at household level: An integrated approach. *Energy and Buildings* [en línea], vol. 80, pp. 469-479. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.06.004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.004>.

WALKER, R., THOMSON, H., LIDDELL, C. y RAE, G., 2013. Fuel poverty 1991 – 2012. ,