

Rivas, F.J., Sierra, L. (2024). Modelo de evaluación de vivienda pública socialmente sostenible: un caso chileno. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción* (IX ELAGEC 2024).

MODELO DE EVALUACIÓN DE VIVIENDA PÚBLICA SOCIALMENTE SOSTENIBLE: UN CASO CHILENO

Francisco Rivas-Rios ¹ – f.rivas07@ufromail.cl

Leonardo Sierra-Varela ¹ – leonardo.sierra@ufrontera.cl

¹*Departamento de Obras Civiles, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.*

RESUMEN

La consideración de enfoques sociales cualitativos en los proyectos de vivienda pública no es clara en los procesos de implementación. En efecto, los organismos públicos no cuentan con sistemas que integren criterios sociales claros para considerar la evaluación social de los proyectos de vivienda pública. Por lo tanto, la inclusión de la sostenibilidad social en la planificación y la toma de decisiones tempranas es limitada. Este trabajo propone un modelo estructural que explica una interrelación integral de criterios sociales que determina proyectos de vivienda socialmente sostenibles para la población vulnerable en Chile. Para ello, se construyó un modelo teórico de ecuaciones estructurales (SEM) que deriva de la aplicación de una encuesta aplicada a 188 profesionales relacionados con el desarrollo de vivienda pública. Además, el modelo se validó a través de cinco proyectos de vivienda pública en la Región de la Araucanía y comparo la aplicación de otros métodos de estudios. Se obtiene un modelo de diez criterios. Los resultados de la aplicación son consistentes con otros métodos de certificación social (ENVISION y CVS). Se hace notar ciertas diferencias que criterios como Mejora disponibilidad económica familiar, Comité de vivienda e integración funcional del barrio no están incluidos en los métodos.

PALABRAS CLAVE

“Vivienda pública”; “sostenibilidad social”; “SEM”; “Chile”; “Rating System”

1. INTRODUCCIÓN

Los principales desafíos de la sostenibilidad social hoy se enmarcan en el contexto social con los crecientes niveles de riesgo y vulnerabilidad, los cuales hacen referencia a las condiciones de desventaja y rezago social, económico, político y cultural que experimentan ciertos grupos sociales (Ortiz et al., 2018). Esta recae principalmente en el momento de planificación de la vivienda pública, debido a que presenta un enfoque cuantitativo centrándose en el número de unidades construidas y la reducción de costos que suele excluir aspectos sociales relevantes. Esto puede resultar en desarrollos que no

consideran adecuadamente la calidad de vida de los residentes, la cohesión comunitaria y la inclusión social (Murphy, 2019).

En Latinoamérica, los programas estatales carecen de una política de integración efectiva que haya logrado revertir la falta de integración social que caracteriza a los conjuntos habitacionales de la población vulnerable (Blanco, 2020). Ejemplo de estos son, Barrios como Villa 31 en Buenos Aires, Ciudad Neza en Ciudad de México, y El Agustino en Lima, áreas urbanas con viviendas sociales vulnerables donde persisten altos niveles de pobreza y exclusión social" (Smith, 2017). En Santiago de Chile se reflejan en los "Ghettos Verticales" los cuales fueron creados con el objetivo de satisfacer la demanda de viviendas sociales, pero finalmente hicieron más precarias y hacinadas las condiciones de vida de sus habitantes (López, 2017). En esta línea, se evidencia que el problema social de la vivienda a nivel latinoamericano no radica en la falta de infraestructura o en la calidad de los procesos constructivos, sino que en los elementos cualitativos que acompañan al diseño y la planificación de la vivienda con el entorno (Gilbert, 2001; Maldonado et al., 2020; Salingaros et al., 2006).

Esto no está lejos de la situación que afecta actualmente a la planificación de vivienda pública en Chile, una opción de obtención de vivienda es mediante el subsidio DS-49, que permite a familias que no son dueñas de una vivienda y viven en situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional, adquirir una construida sin deuda hipotecaria, o integrarse a una de las iniciativas de la nómina de proyectos habitacionales (MINVU, 2023). En la región de la Araucanía las viviendas sociales a menudo presentan malas condiciones estructurales y de habitabilidad, exacerbadas por la falta de adaptaciones culturales y contextuales que consideren las necesidades específicas de las comunidades locales (Serrano, 2017). En este sentido, los desafíos van relacionados con los métodos de planificación urbana y la necesidad urgente de replantear y revisar los procesos actuales para abordar de manera efectiva la situación social y mejorar los estándares de calidad de vida (Forester, 2019).

Actualmente en el marco de la sostenibilidad social, los estudios que miden el aporte de las viviendas asignadas a la población más vulnerable del país siguen siendo limitados, repercutiendo en el nivel de calidad de vida de las personas. (Maldonado y Sierra, 2020). Lo que evidencia que los métodos de evaluación de proyectos de vivienda para poblaciones vulnerables en Chile no garantizan condiciones territoriales socialmente sustentables. Por lo tanto, es necesaria una estructura conceptual que integre los criterios sociales y sus interacciones e importancia para permitir la toma de decisiones en la planificación y diseño de proyectos de vivienda socialmente sustentables para poblaciones vulnerables en Chile.

Esta investigación propone un modelo estructural de evaluación socialmente sostenible de vivienda pública (MEESS -VP) que explica la interrelación de los criterios sociales que determinan la sustentabilidad social de los proyectos de vivienda para la población vulnerable en Chile. En las siguientes secciones se presenta el estado de la sustentabilidad y los criterios sociales utilizados para la evaluación de proyectos de vivienda social, junto con una validación empírica en proyectos de vivienda pública, evaluando la contribución a la sostenibilidad social de cinco proyectos de vivienda pública DS-49, a través del MEESS-VP, comparándolo con diferentes sistemas de certificación estandarizados.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo mixto (cualitativo y cuantitativo) consta de dos etapas como se ve en la figura 1 que guía el análisis realizado.

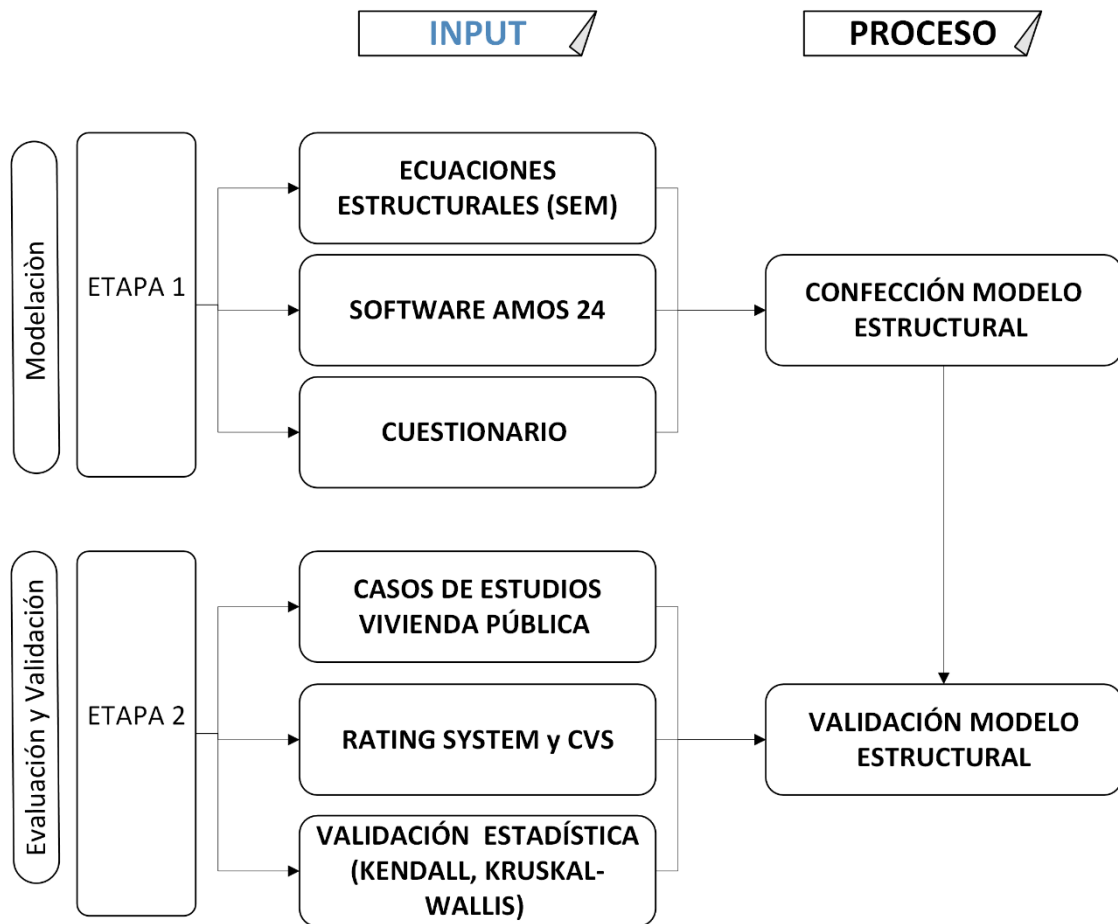


Figura 1. Esquema metodológico.

2.1 ETAPA 1: MODELACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL TEÓRICO

En la primera etapa para la confección del modelo se utilizan ecuaciones estructurales (SEM), las cuales permiten examinar simultáneamente una serie de relaciones, logrando así, evaluar las relaciones entre constructos no observables, variables latentes. Para este modelo se requiere un tamaño de muestra mayor a 100 sujetos (Kline, 2016). Sin embargo, el tamaño de muestra puede ser validado de tal manera que las pruebas de significancia de SEM sean razonables. El modelo estructural de criterios sociales visualizó las correlaciones e incidencias de las variables observables y latentes para contribuir a la evaluación de la vivienda social en Chile. La identificación del modelo se evaluó siguiendo las reglas de identificación de dos pasos, que involucraron el análisis individual de la medición y la identificación del modelo estructural. Para esto, se utilizó el software AMOS 24 (Arbuckle, 2016) para aplicar SEM durante el proceso de investigación.

Los criterios fueron validados utilizando un SEM y una base de datos obtenida a través de una encuesta en línea aplicada a profesionales con experiencia en vivienda social.

Específicamente, la consulta fue dirigida a los profesionales calificados que participan en el proceso de toma de decisiones en planificación de vivienda social en Chile asociados al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) a nivel central, y agencias regionales derivadas del MINVU, municipalidades, consultoras (entidades de asistencia técnica), constructoras de vivienda social y ONG. Además, los profesionales que participaron debían cumplir requisitos de educación, capacitación y experiencia. En primer lugar, se requería una educación técnica o profesional en construcción, planificación urbana o ciencias sociales. En segundo lugar, el foco estaba en encuestados con capacitación en desarrollos de vivienda social. En tercer lugar, los encuestados tenían al menos 1 año de experiencia en vivienda pública o programas asociados. La encuesta se aplicó en 2019 y 2020 y su caracterización muestral se plasma en la Tabla 1. Este estudio se basa en una muestra de 188 encuestados.

El cuestionario fue diseñado según criterios sociales de evaluación previamente identificados derivadas de entrevistas con expertos de agencias públicas y desarrolladores de proyectos privados de vivienda social. El cuestionario consta de tres partes. La primera proporciona el consentimiento informado, solicita la aprobación y solicita la información profesional de los encuestados. La segunda pregunta sobre su experiencia con desarrollos de vivienda pública. La tercera se le solicita la evaluación de los indicadores para cada criterio de vivienda pública. Respondiendo la importancia de cada uno para los respectivos criterios en una escala Likert de 1 a 5 donde “1” significa Ninguna importancia/influencia y “5” significa Importancia/influencia extrema. Una vez diseñado el cuestionario, se difunde a nivel nacional por las entidades de asistencia técnica del Ministerio de Vivienda y urbanismo (MINVU) vía correo electrónico.

Tabla 1. Caracterización de los encuestados. (Sierra, 2023)

| Tipo | Característica | Cantidad | Porcentaje |
|---------------------|---|----------|------------|
| Nivel académico | Técnico | 7 | 4% |
| | Universidad | 144 | 76% |
| | Estudios de postgrado | 37 | 20% |
| Profesional | Ingeniero constructor | 58 | 31% |
| | Trabajador social | 37 | 20% |
| | Arquitecto | 42 | 22% |
| | Otros | 50 | 27% |
| Experiencia laboral | 1 a 2 años | 26 | 14% |
| | 3 a 10 años | 86 | 46% |
| | 11 a 15 años | 36 | 19% |
| | Más de 15 años | 39 | 21% |
| Institución | (Consultor) Entidad de asistencia técnica | 76 | 40% |
| | SERVICIO 1 | 39 | 21% |
| | MINVU 2 | 3 | 2% |
| | Constructor | 13 | 7% |
| | Municipal | 10 | 5% |
| | Otros | 47 | 25% |

Nota: (1) Servicio de Vivienda y Urbanismo (Órgano ejecutivo del MINVU); (2) Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

2.2 ETAPA 2

2.2.1 CASOS DE ESTUDIOS

Para evaluar el modelo estructural se seleccionaron cinco casos de estudios de subsidio DS-49 en Chile, también conocido como Fondo Solidario de Elección de Vivienda. El cual es un beneficio otorgado por el Estado a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu). Este subsidio está dirigido a familias que no son dueñas de una vivienda y que se encuentran en situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional. Su principal objetivo es permitir a estas familias adquirir una vivienda sin necesidad de optar por un crédito hipotecario de la Región de la Araucanía. Los casos de estudio seleccionados presentan las siguientes características.

1. Caso de estudio 1, ubicado en la comuna de Padre las Casas. Con un total de 81 viviendas con 5 diseños diferentes fue ejecutado entre las fechas 11 de enero del 2021 y 27 de marzo del 2023.
2. Caso de estudio 2, es la continuación de viviendas sociales en la comuna de Pitrufulquén, con un total de 159 con 3 tipologías de viviendas iniciada 28 de febrero de 2020 y término el 20 de agosto de 2021.
3. Caso de estudio 3, ubicado en la comuna de Lautaro. Consiste en la construcción de 160 viviendas que forman parte de un megaproyecto, constituidos por áreas verdes, pavimentación y sede social comenzó la obra el 14 de abril de 2020 y la finalizó el 7 de octubre de 2021.
4. Caso de estudio 4, ubicado en Nueva Imperial, consta de 160 viviendas. Abarcando diferentes tipologías de vivienda inclusive para personas con discapacidad, además de áreas verdes y recreativas. Iniciando el 20 de agosto de 2021 y finalizando el 11 de mayo de 2023
5. Caso de estudio 5, ubicado en la comuna de Galvarino comenzó su construcción el día 19 de octubre del 2021, finalizando el 07 de noviembre del año 2022. Son dos tipologías de viviendas diseñadas además de áreas recreativas.

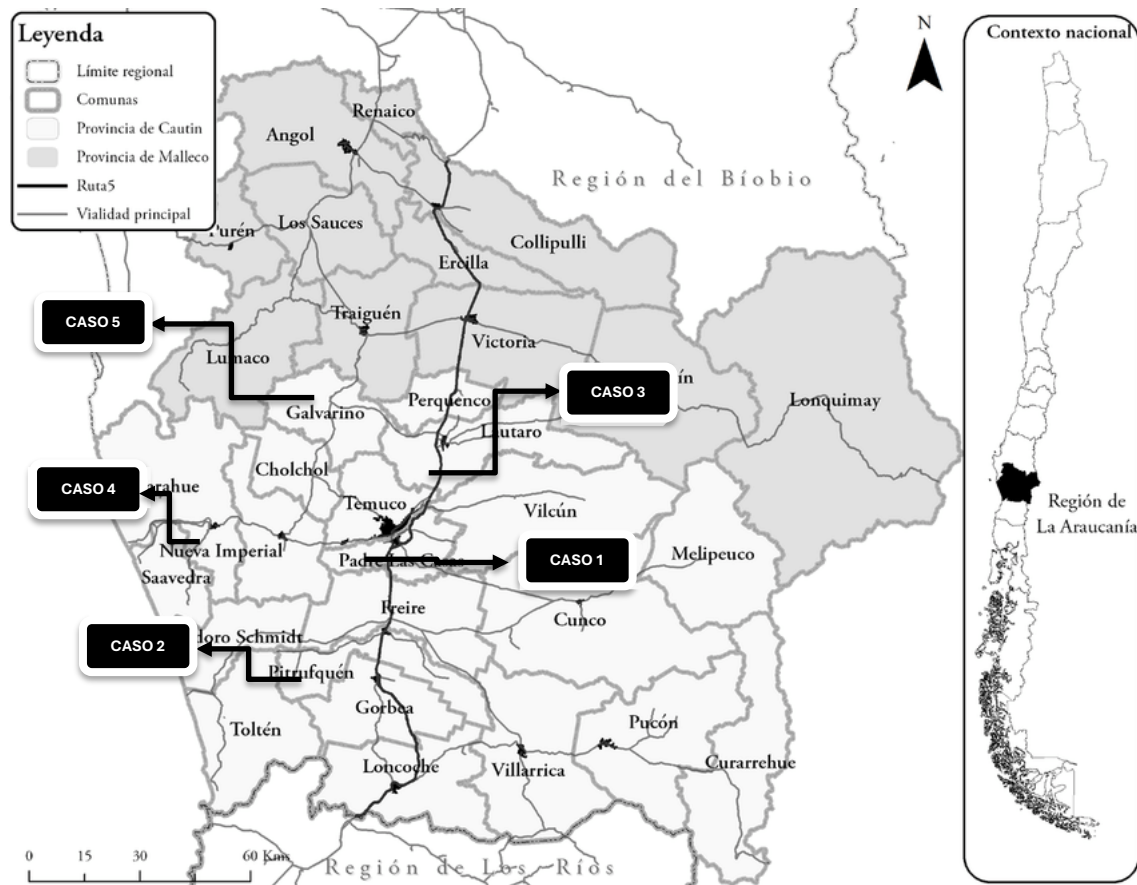


Figura 2. Georreferenciación casos de estudio (Adaptado de Salazar *et al*, 2017).

2.2.2 EVALUACIÓN DE CASOS DE ESTUDIOS A TRAVÉS DEL MESS-VP

Se calcula el aporte social de los proyectos mediante el mapa cognitivo difuso (FCM) propuesto por el modelo estructural en la etapa 1. Es una herramienta para basada en la inteligencia artificial para simular sistemas dinámicos por medio de una combinación lógica difusa de redes neuronales que caracteriza la incertidumbre causalidad y procesos complejos, mediante a relaciones causales (Nápoles *et al*, 2018). Cada nodo en el FCM representa un concepto, y las conexiones (flechas) entre los nodos representan relaciones causales difusas con pesos que indican la fuerza y la dirección de la influencia. Estos se calculan los aportes sociales u_i aplicando la fórmula 1 (Nápoles, *et al*, 2018). Donde A_i es el valor del criterio que se obtiene a través de los valores iniciales recaudados; W_{ij} corresponde al peso de cada criterio y A_{tj} el criterio que tiene incidencia.

$$u_i = f(A_i + \sum_{i=1, i \neq j}^j W_{ji} * A_{tj}) \quad \text{Fórmula 1}$$

2.2.1 COMPARACIÓN A TRAVÉS DE RATING SYSTEM Y CVS.

Los resultados entregados por el modelo estructural propuesto se comparan mediante a los resultados arrojados a través de dos sistemas de certificación. Estos sistemas son la Certificación de vivienda sustentable Chile (CVS) y la certificación ENVISION. Son seleccionados estos sistemas para analizar y comparar a nivel nacional y otro a nivel

internacional. Cabe considerar que son aplicados solo los créditos (criterios) que aborden solo el área social de interés que son aplicables al aporte social de proyectos.

Díaz – Sarachaga et al., (2016) describe Envisión es un sistema con 60 créditos de sostenibilidad que consisten en una serie de preguntas dicotómicas S/N. Organizadas en cinco categorías que abordan los pilares de sostenibilidad (ambiental, económico y social). Además, actúa como un marco integral que guía el cambio necesario en la planificación, diseño y ejecución de infraestructuras sostenibles y resilientes. En lugar de ser un conjunto de reglas estrictas, se presenta como una herramienta orientativa para la toma de decisiones (Díaz-Sarachaga *et al.*, 2016). Los criterios seleccionados para este estudio son: Calidad de vida y Liderazgo.

El sistema de certificación de Viviendas Sostenibles (CVS) en Chile tiene como objetivo promover vivienda sostenibles y eficientes, mejorar la calidad de vida de los residentes, reducir el impacto ambiental y fomentar la innovación y mejores prácticas. En este sentido, es una medida que busca evaluar y certificar viviendas según su comportamiento en términos de sostenibilidad de forma voluntaria (MINVU 2021). Los créditos utilizados son: Salud y bienestar, Energía, Impacto ambiental y Entorno inmediato. Para más información dirigirse a manual de aplicación de vivienda sustentable.

2.2.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA.

Las técnicas establecidas para validar resultados son análisis de consistencia a través del Software SPSS 21.0. Se realizará un análisis Kruskal-Wallis la cual es una alternativa no paramétrica al ANOVA de un solo factor. Se utiliza para comparar tres o más grupos independientes cuando no se puede asumir la normalidad de las distribuciones. Con el objetivo de determinar la diferencia significativa para cada caso de estudio respecto a cada sistema de evaluación (Modelo estructural, Envisión, Certificación de vivienda sustentable Chile). También se realiza un análisis Kendal el cual se utiliza para estudiar la concordancia entre dos o más conjuntos de rangos (Ramírez & Polack, 2019). El valor de W oscila entre 0 y 1. El valor de 1 significa una concordancia de acuerdos total y el valor de 0 un desacuerdo total. La tendencia a 1 es lo deseado pudiéndose realizar nuevas rondas si en la primera no es alcanzada significación en la concordancia (Montesino, 2012).

RESULTADOS

El modelo teórico que se representa en la Figura 2 resume gráficamente las relaciones finales encontradas. Las flechas continuas corresponden a relaciones causales significativas en la dirección propuesta. Las estructuras finales del modelo se obtuvieron a través de un proceso iterativo basado en el marco conceptual original y las salidas del modelo (Cupani, 2012). Cabe mencionar que una relación unidireccional entre los criterios de la Figura 2 se valida en los modelos estadísticos. De hecho, la dimensión de las condiciones ambientales afecta los criterios que comprenden las condiciones funcionales de la vivienda. Las estadísticas de bondad de ajuste en el modelo de la Figura 2 indica que el RMSEA (0,066) y el Índice de Medidas Ajustadas a la Parsimonia (0,614) cumplieron los criterios habituales (<0,08 y >0,6, respectivamente). Además, los valores del Índice de Ajuste Incremental (IFI) y el Índice de Ajuste Comparativo (CFI) fueron

aceptables, pero aún por debajo de los umbrales típicos (0,9), (Lizama, 2019) y Chi-cuadrado (879.888).

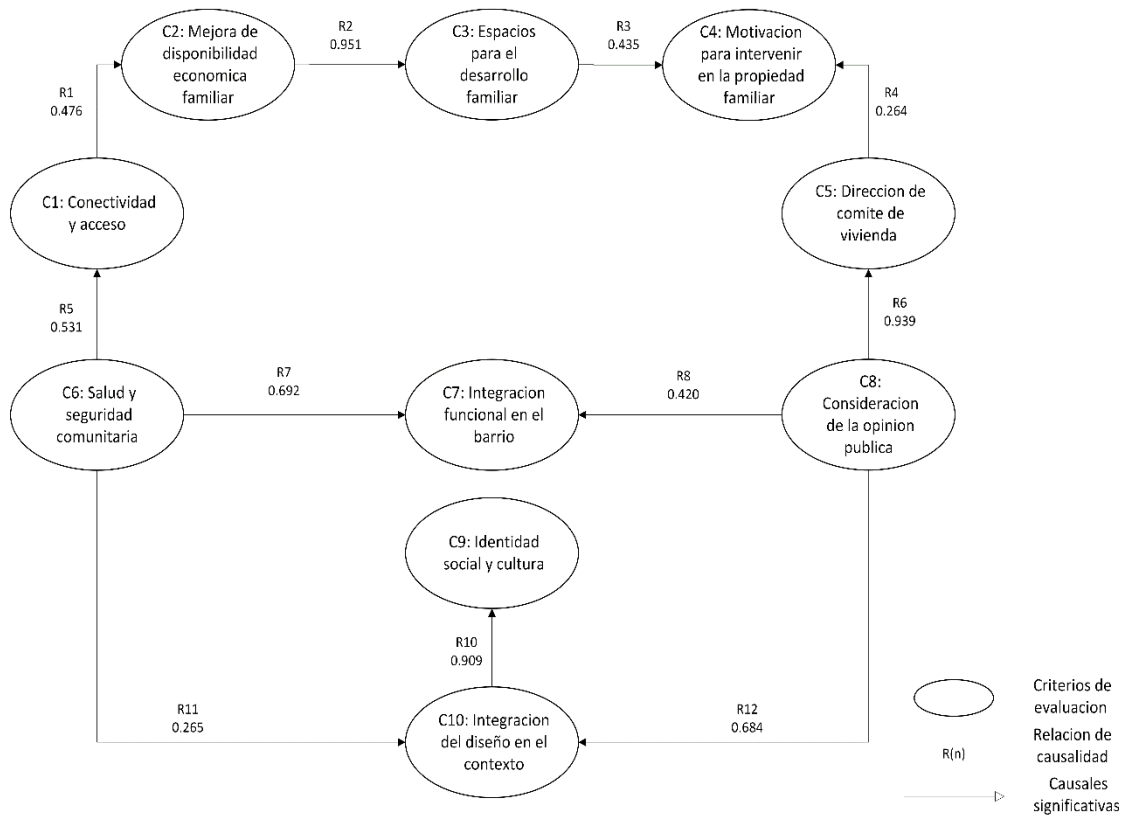


Figura 2. Modelo estructural (Sierra, *et al.* 2023)

Las variables consultadas en la encuesta, así como sus cargas factoriales se representan en la tabla 2. Las cargas factorial son peso que relaciona los indicadores con el criterio que representan mediante una regresión lineal. Para comprobar la fiabilidad del estudio se utilizó el software SPSS 24.0 (Sierra *et al.*, 2023)

Tabla 2. Confiabilidad de los indicadores del estudio (Sierra *et al.*,2023).

| Criterio | Indicador | Carga factorial |
|----------|---|-----------------|
| C1 | Frecuencia del transporte público. | 0,66 |
| | Distancia a servicios públicos y comerciales. | 0,81 |
| | Capacidad de servicios adyacentes (centro de salud, escuelas, policía). | 0,82 |
| | Accesibilidad para modos de transporte ecológicos (caminar, montar en bicicleta, etc.). | 0,72 |
| C2 | Ahorro a través de una buena conectividad y oferta de transporte. | 0,68 |
| | Ahorro en calefacción. | 0,79 |
| | Ahorro mediante leasing o dividendo. | 0,77 |
| C3 | Distribución de un espacio más personalizado. | 0,71 |
| | Calefacción. | 0,71 |
| | Ruido exterior. | 0,74 |
| C4 | Existencia e influencia de un comité organizador. | 0,87 |
| | Comité promueve la valorización del patrimonio familiar. | 0,89 |
| | Subsidio complementario incentiva la propiedad familiar. | 0,64 |

| Criterio | Indicador | Carga factorial |
|----------|--|-----------------|
| C5 | Número de actividades realizadas por el comité. | 0,86 |
| | Duración del mandato de los líderes comunitarios. | 0,88 |
| | Porcentaje de apoyo a los líderes comunitarios. | 0,69 |
| C6 | Equipamiento de espacios comunitarios (iluminación, bancos, etc.). | 0,68 |
| | Ausencia de espacios no cultivados (no equipados) en el entorno. | 0,7 |
| | Acceso a servicios de emergencia (centros de salud, policía, etc.). | 0,72 |
| | Seguridad geográfica de la ubicación. | 0,69 |
| C7 | Diversidad de equipamientos (bancos, material deportivo, etc.). | 0,87 |
| | Capacidad del equipo. | 0,88 |
| | Diseño de accesibilidad universal. | 0,61 |
| C8 | La selección de atributos del registro de diagnóstico familiar del comité. | 0,8 |
| | Opinión libre de los miembros del comité. | 0,87 |
| | El porcentaje de acuerdo del comité. | 0,8 |
| C9 | Diversidad y cultura. | 0,89 |
| | Patrimonio histórico y cultural contextualizado. | 0,82 |
| | Diversidad y empatía. | 0,83 |
| C10 | Diseño participativo. | 0,75 |
| | Armonía de diseño por condiciones políticas. | 0,74 |
| | Diseño armónico a través del estudio de perturbaciones ambientales. | 0,81 |
| | Armonía del diseño a través de la arquitectura del proyecto. | 0,72 |

Además, Sierra, *et al.*, (2023) define los criterios sociales de la siguiente manera:

(C1) Conectividad y acceso: Acceso a los diferentes tipos de servicios básicos que posibilitan una óptima calidad de vida (incluye acceso a escuelas, centros de salud, seguridad, transporte público, infraestructura de ocio, entre otros).

(C2) Disponibilidad económica familiar: Aspectos que implican un cambio en los ingresos familiares. Por ejemplo, eliminación de alquiler, gastos de transporte, ahorro de energía, entre otros.

(C3) Espacio para el desarrollo familiar: Dimensiones adecuadas del espacio de una casa, para que los miembros de la familia puedan desarrollar adecuadamente sus actividades.

(C4) Motivación para invertir en propiedad familiar: Incentivo para que las familias tengan casa propia e inviertan en ella.

(C5) Dirección del Comité de Vivienda: Se refiere a la gestión de los comités directivos (líderes comunitarios) que promueven acciones para acceder a subsidios de vivienda pública. Está enfocado a la unión del grupo organizado que constituye el capital social.

(C6) Salud y seguridad de la comunidad: Todo aspecto que contribuya a la salud y seguridad del barrio. Por ejemplo, planes de tratamiento de basura, capacidad de servicios de emergencia cercanos al barrio, entre otros.

(C7) Integración funcional en el barrio: La capacidad y diversidad de la infraestructura urbana para permitir el entretenimiento, el desarrollo cultural-social y la inclusión de personas con discapacidad física en el barrio.

(C8) Consideración de la opinión pública: Se refiere a todas las opiniones de las familias en el proceso de solicitud, planificación y selección del tipo de casa. Se consideran proyectos elaborados de forma participativa.

(C9) Identidad social y cultura: Se refiere a promover la relevancia cultural del barrio de acuerdo con la diversidad social y cultural de las familias, y la presencia y valoración del patrimonio histórico o natural.

(C10) Integración del diseño en el contexto: Se refiere al diseño armónico de un proyecto, de modo que no perturbe el paisaje o se adapte al contexto más amplio en el que se ubica.

La figura 3 representa los rendimientos de los proyectos a través del Modelo estructural de toma de decisiones (MESS-VP). El cual representa el alcance de cada criterio social evaluado por caso de estudio, para luego categorizarlos a través de un promedio entre los diferentes criterios obteniendo los siguientes resultados; Primer lugar el Caso de estudio 3 con un promedio de 73% y una desviación estándar de 0,191; Segundo lugar Caso de estudio 4 de Nueva imperial con un promedio de 70% y una desviación estándar de 0,183; Tercer lugar el Caso de estudio 1 de Padre las casas con un promedio de 64% y una desviación estándar 0,115; Cuarto lugar proyecto el Caso de estudio 2 de Pillalelbuln con un promedio de 55% y una desviación estándar de 0,128; Quinto lugar el Caso de estudio 5 de Galvarino con un promedio de 51% con una desviación estándar de 0,077.

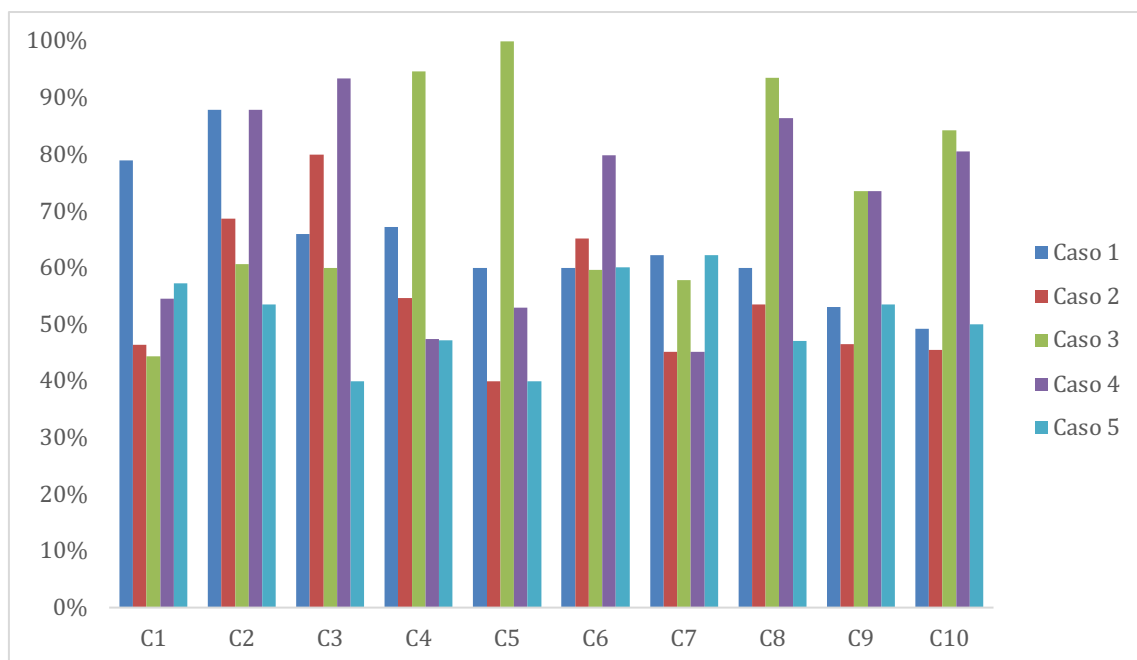


Figura 3. Rendimientos de proyectos sociales (MESS-VP).

Luego para realizar la comparación entre los métodos se presentan los resultados entregados por cada método de evaluación social.

La certificación Envisión con el fin de obtener los resultados en la misma escala se categorizaron según el promedio logrado obteniendo; Primer lugar lo obtiene el Caso de estudio 4 con un promedio de 32,5% y una desviación estándar de 0,220; Segundo lugar el Caso de estudio 3 con un promedio de 29,8% y una desviación estándar 0,208; Tercer lugar el Caso de estudio 1 con un promedio de 29,7% y una desviación estándar de 0,229; Cuarto lugar el Caso de estudio 2, con un promedio de 24,8 y una desviación estándar de 0,229; Quinto lugar lo obtiene el Caso de estudio 5, con un promedio de 13,% y una desviación estándar de 0,134.

Por último, se presentan los resultados obtenidos mediante el sistema de Certificación de la vivienda sustentable, Chile. En primer lugar, el Caso de estudio 1 un promedio de 53% y una desviación estándar 0,316; En segundo lugar, el Caso 4 con un promedio de 51% y una desviación estándar de 0,243. En tercer lugar, el Caso 3 con un promedio de 43% y una desviación estándar 0,261; En cuarto lugar, el Caso 2 con un promedio de 34% y una desviación estándar 0,294; Quinto lugar el Caso 5 con un promedio de 23% y una desviación estándar 0,148.

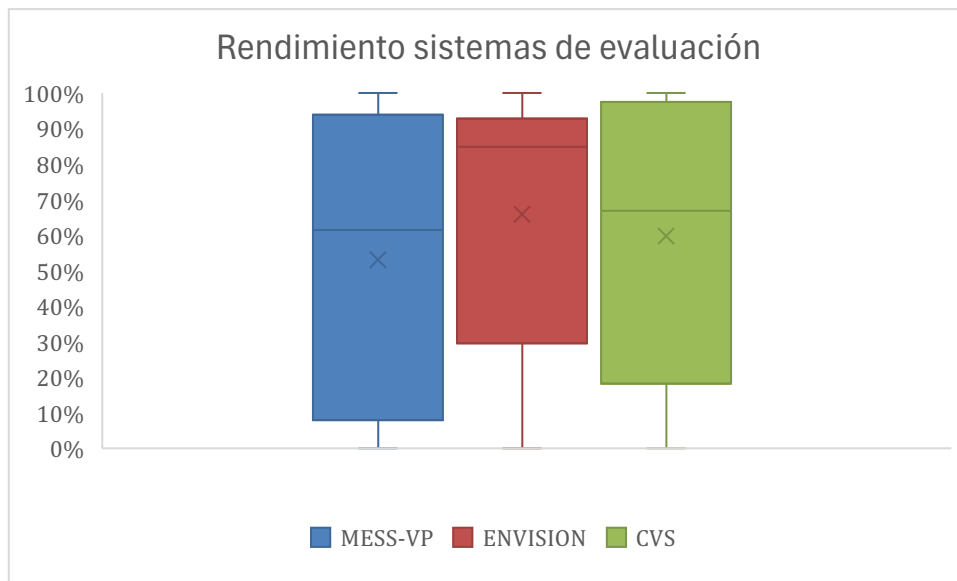
Los rendimientos de cada proyecto reflejado en la tabla 3. Representa que el Modelo estructural (MESS-VP) presenta un mejor desempeño reflejado entre valores 55% al 75% y una media de 65%. Luego le sigue el CVS (certificación de vivienda sustentable), con valores intermedios entre un 20% y 50%. Por último, con un menor desempeño el sistema Envisión con valores fluctuantes entre el 10% y 35%. Los valores de desempeño evidencian que existe una diferencia visual entre sistemas. Debido a las formas de evaluar el desempeño de cada uno, diferencias de métricas y criterios a evaluar. Además de enfoque y priorizaciones entre variables de los métodos y restricciones que presente cada sistema. El modelo estructural presenta una forma de evaluar con más opciones y diferentes posibles clasificaciones, en cambio el método Envisión y CVS presenta una mayor cantidad de restricciones al evaluar sin posibilidad de clasificar. Debido a su forma dicotómica de evaluar a través de preguntas S/N.

Tabla 3. Rendimientos de proyectos.

| Proyectos | MESS-VP | CVS | Envisión |
|------------------|----------------|------------|-----------------|
| Caso 1 | 64% | 53% | 29,7% |
| Caso 2 | 55% | 34% | 24,8% |
| Caso 3 | 70% | 43% | 29,8% |
| Caso 4 | 73% | 51% | 32,5% |
| Caso 5 | 51% | 23% | 13,7% |

La figura 4 representa los rendimientos a través de los tres sistemas de evaluación analizados (MESS-VP, ENVISION y CVS). Con el fin de ajustar las métricas de cada sistema se normalizan los valores a través de la fórmula 2. La normalización permite comparar diferentes variables en una escala común, lo cual es esencial cuando las variables tienen diferentes unidades o rangos de valores (Han, *et al.* 2011). Representado X es el valor original, X_{mínimo} es el valor mínimo en el conjunto de datos, X_{máximo} es el valor máximo en el conjunto de datos y x' es el valor normalizado.

$$x' = \frac{(X - X_{\text{minimo}})}{(X_{\text{maximo}} - X_{\text{minimo}})}$$

Fórmula 2**Figura 4.** Rendimiento sistemas de evaluación social.

La tabla 3 presenta el rendimiento de los proyectos luego de normalizar, obteniendo los siguientes resultados: a través del método MESS-VP, el caso 4 obtiene el primer lugar, segundo el caso 3, tercero el caso 1, cuarto el caso 2 y quinto el caso 5; ENVISION, el caso 4 obtiene el primer lugar, segundo el caso 3, tercero el caso 1, cuarto lugar el caso 2 y quinto el caso 5; CVS el primer lugar caso 1, segundo caso 4, tercero el caso 3, cuarto el caso 2 y quinto lugar el caso 5. Se refleja una categorización similar entre los casos de estudios.

Tabla 3. Rendimientos de proyectos.

| Sistema de | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 | Caso 5 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| MESS-VP | 61% | 16% | 88% | 100% | 0% |
| ENVISION | 85% | 59% | 86% | 100% | 0% |
| CVS | 100% | 36% | 67% | 95% | 0% |

Al analizar la prueba Kruskal-Wallis se puede analizar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de evaluación en termino de sus características. Significando que los tres métodos se comportan de forma similar y no hay evidencia estadística que destaque a algunos sobre los demás en termino de las variables analizadas obteniendo una significancia asintótica mayor a 0,05 en este caso **Valor p:** 0.0963.

El análisis de Kendall sugiere que no existen diferencias significativas entre los cinco proyectos evaluados con relación a los sistemas de certificación Envisión, vivienda

sostenible en Chile y modelo estructural de toma de decisiones. Esto señala que los proyectos se comportan de manera similar en términos de criterios de sostenibilidad y estructura.

CONCLUSIONES

Este estudio validó un modelo de ecuaciones estructurales basado en criterios sociales aplicado a proyectos de vivienda pública en Chile. El modelo está compuesto por diez criterios (variables latentes) que abordan la toma de decisiones sobre vivienda social y la comunidad vecinal desde el punto de vista de la sostenibilidad social. Estos criterios son Salud y seguridad de la comunidad; Consideración de la opinión pública; Mejora de la disponibilidad económica familiar; Motivación para invertir en la propiedad familiar; Conectividad y acceso; Dirección del Comité de Vivienda; Integración funcional en el barrio; Integración del diseño en el contexto; Espacios para el desarrollo familiar; e Identidad social y cultura. Además, la estructura de los criterios está definida por un conjunto de 30 indicadores (variables observables). Además de la aplicación en cinco casos de estudios se determinó la contribución social a través del Modelo estructural (MESS-VP) de proyectos sociales en la región de la Araucanía. Al finalizar, se comparó los resultados obtenidos del Modelo con diferentes sistemas de certificación sociales como lo son el Envisión a nivel internacional y la Certificación de vivienda sustentable de Chile a nivel nacional. Realizando un análisis estadístico el cual considera que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estos métodos de evaluación en términos de sus características. Los resultados del modelo solo son válidos para vivienda pública.

Este estudio constituye un apoyo para la toma de decisiones de los organismos públicos encargados de la asignación de vivienda social. A través de estos criterios y de la estructura de interrelación, es posible avanzar en la determinación de la contribución social entre los proyectos de vivienda. Esto contribuye a la evaluación y planificación sostenible de la vivienda pública desde el punto de vista social. Futuras investigaciones deberían extender el modelo integrando aspectos socioeconómicos y ambientales.

Dentro de las limitaciones el modelo MESS-VP se enfoca solo en la dimensión social, excluyendo aspectos ambientales y económicos, lo que limita una visión integral de la sostenibilidad. La recopilación de datos a través de entrevistas puede no representar a toda la población afectada, además de la falta de documentación del que respalde a los proyectos en la entidad patrocinante de información afecta la exactitud. Existió dificultades en la obtención de información en ciertos proyectos por la ubicación. Además, los proyectos analizados se encontraban ejecutados, por ende, no se evaluaron en etapas de planificación y construcción, lo que podría haber proporcionado una visión más completa.

Futuras investigaciones deberían extender el modelo integrando aspectos socioeconómicos y ambientales. Además de confeccionar diferentes mecanismos de evaluación para la aplicabilidad y control en etapas de planificación y ejecución, con el fin de obtener un máximo desempeño de los proyectos sociales. Además, se recomienda que para aplicar el modelo estructural se realicen capacitaciones para establecer el alcance del Modelo estructural.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al grupo de investigación GIPTS, a equipos de trabajo y personas de instituciones SERVIU, MINVU y EGIS que aportaron en el proceso de construcción y validación del modelo estructural.

REFERENCIAS

1. Smith, J. (2017). Urban poverty and exclusion in Latin America: The cases of Villa 31, Ciudad Neza, and El Agustino. *Journal of Urban Studies*, 34(2), 123-145. <https://doi.org/10.1234/jus.v34i2.567>
2. Arbuckle, J. Guía del usuario de IBM® SPSS® Amos™ 24; IBM SPSS: Chicago, IL, EE. UU., 2016.
3. Blanco, A. G. (2020). Desigualdades, hábitat y vivienda en América Latina. Nueva Sociedad. Recuperado de <https://www.nuso.org/articulo/desigualdades-habitat-y-vivienda-en-america-latina>.
4. Cupani, M. Análisis de ecuaciones estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Reverendo Tesis*. 2012, 2, 186–199.
5. Díaz-Sarachaga JM, Jato-Espino D, Castro-Fresno D. Evaluación de LEED para el desarrollo de vecindarios y marcos de calificación Envisión para su implementación en países más pobres. *Sostenibilidad*. 2018; 10(2):492. <https://doi.org/10.3390/su10020492>
6. Forester, J. (2019). *Planning in the Face of Power*. Routledge.
7. Gilbert, A. *Vivienda en América Latina*; Departamento de Integración y Programas Regionales, INDES: Washington, DC, EE.UU., 2001; Disponible en línea: <https://publications.iadb.org/en/publication/16502/housing-latin-america> (consultado el 20 de enero de 2023).
8. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
9. Kline, R. *Principios y práctica del modelado de ecuaciones estructurales*, 4.^a ed.; Guilford Press: Nueva York, NY, EE. UU., 2016.
10. Lizana, M.; Carrasco, J.-A.; Tudela, A. Estudio de la relación entre participación en actividades, redes sociales, gastos y comportamiento de viaje en actividades de ocio. *Transportation* 2019, 47, 1765–1786.
11. López, E. (2017). The fallacy of poverty at ‘vertical ghettos.’ *ARQ*, 98, 149–153. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962017000200149>
12. Maldonado, V., Sierra-Varela, L., & Loyola, M. (2020). Social Contribution of Housing on Vulnerable Populations: A Case Study for the Region of la Araucanía. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 503(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012089>
13. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2023). *Políticas habitacionales en Chile: Definición y alcance de las viviendas públicas*. Santiago, Chile. Recuperado de <https://www.minvu.gob.cl>.
14. Murphy, L. (2019). *The Politics of Urban Housing: Changing Approaches to Affordable Housing in North America and Europe*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12999-6>.
15. Nápoles, G., Leon Espinosa, M., Grau, I., & Vanhoof, K. (2018). FCM Expert: Software Tool for Scenario Analysis and Pattern Classification Based on Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 27(7). <https://doi.org/10.1142/S0218213018600102>

16. Ortiz-Ruiz, Nicolás, & Díaz-Grajales, Constanza. (2018). Una mirada a la vulnerabilidad social desde las familias. *Revista mexicana de sociología*, 80(3), 611-638. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2018.3.57739>
17. Ramírez A., Polack A.M, 2020, “Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica”, *Horizonte de la Ciencia*, 10(19), 191-208
18. Salazar, Gonzalo & Irrázaval, Felipe & Fonck, Martin. (2017). Ciudades intermedias y gobiernos locales: desfases escalares en la Región de La Araucanía, Chile. *EURE. Revista latinoamericana de estudios urbano-regionales*. 43. 161-184. [10.4067/s0250-71612017000300161](https://doi.org/10.4067/s0250-71612017000300161).
19. Salingaros, N. A., Brain, D., Duany, A. M., Mehaffy, M. W., & Philibert-Petit, E. (2006). *Vivienda Social en Latinoamérica: Una metodología para utilizar procesos de auto-organización*. Congreso Ibero-Americano de Vivienda Social En Brasil., 1–59.
20. Serrano, C. (2017). Calidad de la vivienda social y adaptación cultural en la Araucanía: Un análisis crítico. *Revista INVI*, 32(90), 125-145.
21. Sierra L, Lizana M, Pino C, Ilaya-Ayza A, Neculman B. Modelo estructural para la toma de decisiones sobre vivienda pública socialmente sostenible en Chile. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*. 2023; 20(3):2543. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032543>
22. Smith, J. (2017). Urban poverty and exclusion in Latin America: The cases of Villa 31, Ciudad Neza, and El Agustino. *Journal of Urban Studies*, 34(2), 123-145. <https://doi.org/10.1234/jus.v34i2.567>