



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Diseño

**CONFORTABILIDAD TÉRMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA DE  
ALTA DENSIDAD EN EDIFICIOS DE ALTURA: PROSPECTO PARA UN SISTEMA DE  
EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO.**

**POR: ALEX HURTADO ZAPATA**

Tesis presentada a la Facultad de Diseño de la  
Universidad del Desarrollo para optar al Grado  
Académico de Magíster en Diseño e Innovación  
Sostenible (MADIS)

**PROFESOR GUÍA:**

Sra. Nataly Silva González

30 de noviembre de 2021

SANTIAGO

© Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra en modalidad acceso abierto para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco los consejos y enseñanzas profesionales y académicas de los profesores e investigadores Felipe Encinas P., Carlos Aguirre N. y Waldo Bustamante G., de CEDEUS UC. La asistencia técnica y profesional en trabajo de campo de Eduardo Soto S., CEO y fundador de la empresa Phineal SpA. a Sebastián Moreno D. y Pablo Homes O., del Centro de Negocios Sercotec, Puerto Varas. A Danitza Peralta M. de ReveSur SpA. A los académicos de la Universidad del Desarrollo Germán Espinoza V., Paulina Contreras C., Carlos Varela A. Felipe Torres B. Alejandro Pantoja S. y a mi profesora guía Nataly Silva G.

Dedico con afecto este trabajo a mis padres, Marcos Hurtado Leyton y Nancy Zapata Castro.

## I. ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

I.	Índice de contenidos	4
II.	Índice de imágenes	7
	Índice de tablas	9
III.	Resumen	10
IV.	Introducción	11
<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
1.1.	Marco teórico	16
1.1.1.	Densificación de la ciudad	16
1.1.2.	Valor especulativo de uso de suelo y merma en calidad de la construcción	20
1.1.3.	Confortabilidad térmica y pobreza energética	23
1.1.4.	Contexto de la técnica y estado del arte	25
1.1.4.1.	Aspectos normativos críticos (Chile)	26
1.1.4.2.	Conceptos clave de la tecnología	29
	i. Eficiencia energética	29
	ii. Flujo de calor, balance térmico, rendimiento de la envolvente	29
	iii. Mantenimiento predictivo y Control Supervisado de Datos	32
	iii. Efecto rebote o Paradoja de Jevons	35
1.1.4.3.	Referentes de estado del arte	36
<b>2.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>39</b>
2.1.	Problematización	39
2.2.	Análisis conceptual del problema	41
2.2.1.	Observaciones a la problematización inicial	41
2.2.2.	Conclusiones preliminares a la problematización	43
2.3.	Pregunta de investigación	44
2.4.	Objetivos	44
2.4.1.	Objetivos Generales	44
2.4.2.	Objetivos específicos	44
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>45</b>
3.1.	Modelamiento del problema y abordaje metodológico	45
3.2.	Metodologías de Análisis de Sensibilidad Térmica	46
	i. Análisis prospectivo de espacio	48
	ii. Análisis prospectivo de tiempo	48
3.4.	Análisis de entorno tecnológico (Método SCAMPER)	51

3.5.	Modelamiento conceptual de sistema mejorado	53
	i. Consideraciones al modelamiento conceptual de sistema	53
	ii. Hipótesis tecnológica	54
	iii. Conceptualización	56
3.6.	Diseño de experimento	57
	i. Consideraciones a la muestra	57
	ii. Implementación	59
3.7.	Observaciones a la experiencia inicial	60
3.8.	Síntesis metodológica del proyecto	61
<b>4.</b>	<b>ESTUDIO DEL MERCADO</b>	<b>64</b>
4.1	Identificación de actores estratégicos e involucrados	64
4.2.	Análisis del mercado	65
4.3.	Criterios de segmentación	70
4.4.	Desarrollo de la propuesta de valor	71
	i. Propuesta de valor	71
	ii. Recursos clave	72
	iii. Canales	74
4.5.	Observaciones a la propuesta de Modelo de negocios	76
4.6.	Análisis de la necesidad y oportunidad de negocio	77
4.6.1.	Identificación del valor y la necesidad.	77
4.6.2.	Relación con los usuarios.	77
4.6.3.	Prospecto del servicio.	78
4.7.	Síntesis descripción del proyecto (Aspectos generales)	78
	i. Descripción del proyecto	78
	ii. Objetivo general del proyecto	78
	iii. Resultados esperados	79
	iv. Alianzas estratégicas I+D+I	79
	v. Metodología	79
4.8.	Análisis de Hoja de ruta (Hitos y etapas)	79
	i. Etapa de investigación.	79
	ii. Etapa de validación y empaquetamiento.	80
	iii. Etapa de crecimiento y prospección.	81
<b>5.</b>	<b>PROSPECCIÓN Y ESCALABILIDAD FINANCIERA</b>	<b>85</b>
5.1.	Alternativas de financiamiento	85

i. Alternativas de financiamiento público	86
ii. Alternativas de financiamiento privado	86
5.2. Estructura de costos e inversiones iniciales	87
5.2.1. Descripción del servicio y valor de mercado	90
5.2.2. Observaciones a la etapa de inversión	92
5.3. Indicadores de rentabilidad	94
5.3.1. Análisis Valor Activo Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)	94
5.3.2. Análisis tasa de descuento	94
5.3.3. Conclusiones preliminares a prospección financiera	95
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
6.1. Conclusiones a la etapa de antecedentes y problematización	97
6.2. Conclusiones a la etapa de metodología y experimentación	99
6.3. Conclusiones a la etapa de modelo de negocios y prospección financiera	100
III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
IV. ANEXOS	104
Anexo 1 Valores de resistencia térmica RT transmitancia térmica o referencial para soluciones constructivas genéricas	104
Anexo 2 Muestra aleatorio de departamentos en oferta (Plantas tipo)	105

## II. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

---

### Índice de imágenes

FIGURA	CONTENIDO	PÁGINA
1	Alta densidad de departamentos en Estación Central, Santiago. Imagen de prensa para ilustrar el fenómeno de los denominados Guetos Verticales.	12
2	Departamento de 1 dormitorio en arriendo, comuna de Estación Central, Santiago.	13
3	Aumento de proyectos inmobiliarios de vivienda de alta densidad desde 2011 a 2019 (departamentos) en la Región Metropolitana de Santiago.	17
4	Ventas mensuales de departamentos en el Gran Santiago (junio 2021).	18
5	Radiografía inmobiliaria del Gran Santiago (infografía)	19
6	Efectos negativos de edificación de alta densidad (bloque) en barrio residencial sobre indicadores de eficiencia energética de viviendas de un piso	20
7	Estudio de mercado: Valor precios de viviendas (Casas y departamentos) Informe Trimestral de Mercado Inmobiliario. GfE Estudios de Mercado, Adimark, 2019	21
8	Estudio de producción inmobiliaria en Estación Central y Ñuñoa. Valor especulativo de suelo respecto precio de materiales y procesos de construcción.	22
9	Consumo energético por viviendas. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (diciembre de 2019)	23
10	Imagen representativa de las variables de diseño más recurrentes en el producto inmobiliario en Santiago durante los años recientes	28
11	Dimensionado de elementos tectónicos para aplicación de Lógica Difusa	31
12	Boceto comparativo de superficie de límites tectónicos en contacto con el ambiente exterior	32
13	Diagrama de un modelo automatizado de Mantenimiento Predictivo con captura y procesamiento de datos	33
14	Diagrama de dispositivos de acondicionamiento conectados SMARTEK	36
15	Dispositivo de acondicionamiento y aplicación móvil CLIMO	37
16	Purificador de aire y aplicación móvil CLAIRY	38
17	Mapa semántico de primera aproximación a la problematización	40
18	Infografía de las deficiencias en la confortabilidad térmica en un departamento	42
19	Esquema de un sistema acondicionamiento térmico con sus elementos básicos:	49
20	Diagrama de interacción de un sistema de acondicionamiento	49

21	Modelo prospectivo de rendimiento de confort térmico	50
22	Modelo conceptual de hipótesis tecnológica. (General)	55
23	Modelo conceptual de la hipótesis tecnológica (A)	56
24	Modelo conceptual de hipótesis tecnológica. (B)	57
25	Infografía de plataforma de medición de energía eléctrica para climatización	58
26	Unidad interior de acondicionamiento y sensor de temperatura y humedad	59
27	Histograma en interfaz visual de la Estación Maestra de monitorización	60
28	Captura de datos de la plataforma estructurados en CSV	61
29	Síntesis metodológica (Doble diamante)	63
30	Aspectos dimensionales por unidad según muestra aleatoria de departamentos.	66
31	Oferta de departamentos en la Región Metropolitana, comparación de registros	68
32	Gráfico comparativo de ventas totales trimestrales de casas y departamentos en R.M.	69
33	Gráfico de tendencia de la venta comparativa de departamentos y casas en Santiago	69
34	Tenencia de aire acondicionado según Zona Térmica	71
35	Organigrama propuesto del servicio	73
36	<i>Business Model Canvas</i>	75
37	Canvas Mapa de empatía	82
38	Canvas Propuesta de valor	83
39	Diagrama de hoja de ruta del proyecto ( <i>Roadmapping</i> )	84
40	Pronóstico de ventas para los primeros 5 años	92

## Índice de tablas

TABLA	CONTENIDO	PÁGINA
1	Rangos de confort térmico para el interior de la vivienda (CChC, 2008)	26
2	Marco normativo del confort térmico en la construcción.	26
3	Elementos de arquitectura de un sistema SCADA de energía	34
4	Técnicas de evaluación de confortabilidad térmica	46
5	Análisis matriz Nueve Ventanas	47
6	Resumen de análisis de entorno tecnológico método SCAMPER	51
7	Análisis preliminar de actores involucrados	64
8	Departamentos estación central - orientación norte por precio ascendente	67
9	Relación entre porcentuales de área total de exposición exterior y área de rasgos	67
10	Etapa de investigación	79
11	Etapa de validación y empaquetamiento	81
12	Etapa de crecimiento y prospección	81
13	Alternativas de financiamiento	85
14	Caracterización de Venture Capitals y <i>Private Equity</i> en Chile	86
15	Estructura preliminar de costos e ingresos del proyecto	88
16	Estimación inicial de gastos e ingresos del proyecto	89
17	Pronóstico de oferta de departamentos con necesidad de sistemas de climatización	90
18	Detalle del flujo de ingresos estimado por concepto de ventas	91
19	Precios de mercado para el cálculo de rendimiento del primer año	91

### III. RESUMEN

---

La densificación de la ciudad se hace necesaria ahí donde se requiere optimizar el uso de suelo y los servicios del entorno urbano, pero muchas veces esto se hace a costa de la calidad de vida de los ciudadanos. La tipología vivienda de alta densidad en altura, conocida popularmente como departamento, se ha vuelto un bien de difícil acceso cuyo costo no refleja valor; se perciben como espacios de ortogonalidad regular cuya morfología asemeja una caja, de pobre confortabilidad térmica y calidad constructiva, donde los residentes son afectados por las alta oscilaciones de temperatura entre estaciones e incurren en crecientes gastos energéticos para alcanzar indicadores sensibles de confortabilidad. Ante la pregunta de cómo conferir valor a la vivienda en altura de alta densidad desde un mejor confort térmico y ambiental, el presente informe ofrece una exploración preliminar de los conceptos conducente a precisar el problema y su marco lógico de investigación. Las conclusiones y consideraciones emanadas de la discusión teórica, observaciones al ejercicio práctico en torno a la tecnología y las estimaciones del mercado apuntan a un servicio donde el concepto de usuario es desplazado por la comunidad residente en aras de resignificar al edificio como tipología del habitar común.

PALABRAS CLAVE: EFICIENCIA ENERGÉTICA, CONFORT TÉRMICO, POBREZA ENERGÉTICA, URBANISMO SOSTENIBLE

## IV. INTRODUCCIÓN

---

La eficiencia energética en la vivienda es hoy un tópico cuyo interés trasciende el ámbito meramente técnico de los quehaceres proyectuales arquitectónicos, constructivos y urbanistas, y ha adquirido una relevancia directamente proporcional a la profusión con que se registran los progresivos efectos del cambio climático. En Chile, la creciente necesidad de densificar nuestras ciudades para un uso eficiente del recurso suelo y la optimización de rendimiento de los servicios urbanos ha devenido en un aumento del número de viviendas en altura, no obstante, este desarrollo urbano acusa rasgos de regulación deficiente, en la que prácticas especulativas del mercado inmobiliario ponen en entredicho la calidad del producto vivienda en la última década, cuyo elevado costo se basa fuertemente en el valor de suelo, con poca incidencia de procesos e innovación tecnológica en la construcción.

Amén de tal condición adversa, los efectos de la incertidumbre económica causada por los efectos de la pandemia y las crisis sociales de los años recientes han instalado en la ciudadanía el malestar de la segregación financiera, con indicadores sensibles de restricción a la posibilidad de invertir en una propiedad inmueble como proyecto de vida. La dificultad de adquirir una vivienda para un segmento de la población cada vez más amplio, afecta la percepción de valor con que se comercializa el producto departamento, al punto en que casi un 48% de las viviendas en altura se venden con fines de inversión.<sup>1</sup>

La necesidad de crear valor para el producto vivienda en departamentos es un problema que involucra al sector inmobiliario y de construcción, pero afecta principalmente al propietario que ha de invertir en sistemas adicionales de acondicionamiento para optimizar su confortabilidad térmica, y al residente que debe conciliar tales efectos con los costos de implementación y funcionamiento para su bienestar. Con una morfología recurrentemente ortogonal –semejante a una caja–, sus propiedades materiales y comportamiento físico de su tectónica envolvente, el departamento tiene un pobre rendimiento energético, muy caluroso en verano y frío en invierno, motivando en muchos casos a gastos extras de inversión para la instalación de sistemas de enfriamiento y calefacción, con el consiguiente gasto de energía

---

<sup>1</sup> Entrevista a Luis Fuentes: Edificios «Multifamily» y las alzas en los precios de arriendo inmobiliario en Noticias por Fernanda Medel CEDEUS, Pontificia Universidad Católica de Chile. Publicado el 5 de noviembre de 2021.

que tales dispositivos requieren. No obstante, y pese a las restricciones del contexto socioeconómico, se vislumbra una oportunidad al explorar prestaciones tecnológicas basadas en la monitorización de rendimiento y en redes disponibles para la ciudadanía que confieren valor al producto desde la observación de indicadores de rendimiento que habitualmente no son visibles, como el gasto energético de acondicionamiento y el rendimiento de los componentes pasivos de la edificación.



Figura 1 – Alta densidad de departamentos en Estación Central, Santiago. Imagen de prensa para ilustrar el fenómeno de los denominados Guetos Verticales y que motivó un amplio debate sobre la especulación inmobiliaria y la calidad de vida. (Fuente: *El mostrador*, 13 de febrero de 2019)

El objetivo general del proyecto es promover la creación de valor para el producto vivienda en altura sobre la base de un modelo integrado de evaluación de rendimiento energético de la envolvente, monitorizado con tecnologías de bajo costo, para salvar la asimetría de información entre quienes proyectan y construyen la vivienda, y quienes adquieren y residen en la vivienda.

A saber, los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Suplir prestaciones de servicios de acondicionamiento externos al diseño de la vivienda y sus espacios mediante un sistema integrado a las prestaciones del producto, y crear valor basado en confianza de la oferta inmobiliaria.

- Desarrollar modelo experimental de Sistema de Control Supervisado de Datos aplicado a rendimiento térmico y consumo energético para evaluar la efectividad de los recursos tecnológicos empleados en el acondicionamiento del espacio.
- Proveer entregables de bajo costo para promover las prestaciones del modelo sobre la base de un prospecto escalable de acopio y análisis de datos, de utilidad para el mercado inmobiliario que debe promover indicadores de calidad en su oferta.
- Valorizar los datos como activo del producto-servicio propuesto con miras a desarrollar un modelo de certificación de eficiencia energética para el sector inmobiliario, basado en indicadores sensibles y observables para el comprador de inmuebles.



Figura 2 – Departamento de 1 dormitorio en arriendo, comuna de Estación Central, Santiago (fuente: <https://www.economicos.cl>. 14 de Mayo de 2020)

En el primer capítulo se exponen los antecedentes del problema como un fenómeno contextual y sistémico, bajo condicionantes políticas, económicas y culturales que han devenido en una crítica a las dinámicas de producción, crecimiento y densificación de las ciudades chilenas y, dentro de este ámbito, a las consecuencias de una política pública habitacional deficiente frente a los mecanismos de gestión con que el sector privado de la construcción impone sus criterios mercantiles, lo cual ha propiciado una merma en la calidad de la vivienda, otrora símbolo de proyecto de vida de la ciudadanía y que hoy se percibe como un bien de difícil acceso.

El segundo capítulo, referido al planteamiento del problema, aborda la dimensión técnica del problema, consecuencia de su contexto político y normativo, que se contrasta con la discusión tecnológica vigente en torno a conceptos de eficiencia y pobreza energética, indicadores de rendimiento de la confortabilidad térmica en edificios y el estado del arte en la tecnología, tópicos que adquieren particular relevancia frente a la escasez de recursos y los efectos del cambio climático.

En el tercer capítulo se exponen decisiones metodológicas orientadas al diseño de un modelo prospectivo y la jerarquización de sus atributos a nivel conceptual, que antecede las tareas de exploración de campo y el diseño del primer experimento de validación. En el capítulo además se presentan los argumentos para proceder desde la técnica y relevar los indicadores cualitativos o psicométricos a etapas avanzadas de prototipado en un modelo escalable de solución.

El cuarto capítulo se enfoca en el estudio del mercado y la propuesta de valor, retomando la visión analítica al contexto económico, social, político y normativo que define los roles de involucramiento de actores públicos y privados en el abordaje de una respuesta integral al problema, y se prefiguran las condiciones mediante las cuales el concepto de solución se orienta al área de los servicios ciudadanos, pero comprometiendo a los actores privados del ámbito de la construcción y también al mundo académico y de investigación.

En el quinto capítulo, de prospección y escalabilidad financiera, se trazan indicadores para el modelamiento de una estrategia de inversión y las proyecciones del servicio en el tiempo a partir de las etapas declaradas en la hoja de ruta del proyecto.

Finalmente, se exponen las conclusiones generales del proyecto a modo de síntesis de los aprendizajes y experiencias del proceso, amén de las contingencias, incertidumbres y efectos sensibles en el contexto cultural, tecnológico, económico y político de un mundo en crisis sanitaria y social que afectaron en parte la ejecución de este estudio, pero que provee un marco de reflexión crítica interesante en torno al rol del desarrollo sostenible en un escenario de incertidumbre y la gestión de cambio requerida para el futuro común.

El presente documento constituye, pues, el recorrido de una idea expresada en la ordenación lógica de sus argumentos, que no es necesariamente congruente con el orden en que se han efectuado las exploraciones teóricas y prácticas de este estudio, y es ante todo expresión del gozo del conocimiento aplicado al juicio crítico de la realidad contemporánea, y la capacidad del diseño de ofrecer no sólo inquietudes, sino múltiples caminos de respuesta al futuro.

Alex Hurtado Zapata

Santiago, noviembre de 2021

## **1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

---

### **1.1. Marco teórico**

El problema de la eficiencia energética en los edificios de departamentos, en su condición estructural remitida al concepto de calidad del espacio habitable, se enmarca como uno de los diversos efectos causados por incidencias socioeconómicas y demográficas en la condición de acceso a la vivienda que, desde la transformación institucional que siguió al golpe militar de 1973 al auge inmobiliario de la década de 1990, se tradujeron en un aumento de oferta con un bajo grado de obsolescencia, es decir, una vivienda accesible mediante endeudamiento para amplios sectores de la población pero que requiere numerosos y sucesivos acondicionamientos técnicos (Vergara et. Al., 2020). Desde el prisma del urbanismo sostenible, acotar una problemática de tan amplio espectro y múltiples factores a un cúmulo restringido de variables internas del volumen edificado parece ser un ejercicio reduccionista e insuficiente, sin embargo, es posible determinar relaciones de causa y efecto en el abordaje de un aspecto particular de la confortabilidad térmica, para desde esas variables prospectar iniciativas de mayor consistencia con sus demandas interdisciplinarias y que, además, sean coherentes y proporcionales a la complejidad del campo en estudio. Dentro de esa lógica, el presente capítulo de este estudio contextualiza el fenómeno en su dimensión cultural, política y urbanística para precisar las condiciones locales con que se manifiesta el problema, y desde este marco trazar el camino de iniciativas piloto que vinculen la investigación y desarrollo en el ámbito académico con el campo abierto de exploración que provee la dinámica de crecimiento de nuestra ciudad y sus actores estratégicos del sector inmobiliario y los servicios que sustentan la producción arquitectónica.

#### **1.1.1. Densificación de la ciudad**

La noción de densificación urbana que en Chile se instaurado tanto por las decisiones de mercado como por sus detractores, es entendida como aquella que se obtiene optimizando el rendimiento comercial de una propuesta inmobiliaria, aumentando número de unidades habitacionales por superficie edificada, condicionada a su vez por el porcentaje de constructibilidad admisible y otras normas como la altura máxima definida por volumen rasante según el plano regulador correspondiente, y restringida por la carga recomendada por

el informe de mecánica de suelo, los criterios de zonificación, equipamiento urbano y otras observaciones puntuales a obra estipuladas por la respectiva administración comunal. Este proceso de densificación de Santiago en las últimas décadas ha sido profusamente difundida por los medios, con casos emblemáticos como el caso de las comunas de Ñuñoa, Estación Central y Santiago Centro<sup>2</sup> que suelen encabezar los registros de actividad inmobiliaria por tratarse de comunas beneficiadas por externalidades positivas a causa del mejoramiento de la red de transporte público urbano (Reorganización del sistema de buses interurbano y red de Metro) y que han propiciado fenómenos de gentrificación, o revalorización de barrios en deterioro sobre la base de nuevo equipamiento de servicios y actividad comercial.

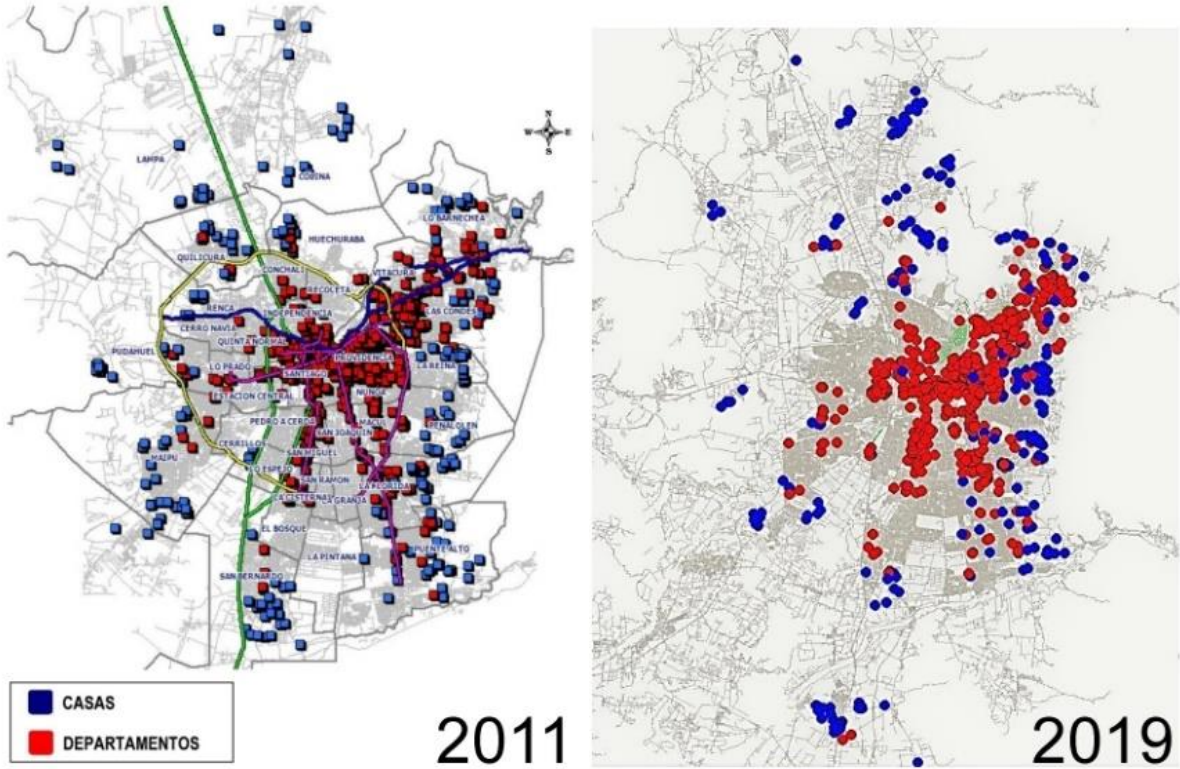


Fig. 3 – Aumento de proyectos inmobiliarios de vivienda de alta densidad desde 2011 a 2019 (departamentos) en la Región Metropolitana de Santiago (Fuente imágenes: Informes trimestrales de mercado inmobiliario. GfE Estudios de Mercado, Adimark, 2019). Cabe destacar que el año 2019 marcó el inicio de un período regresivo en la producción inmobiliaria que tuvo una recuperación en el último trimestre de 2020.

<sup>2</sup> CChC (Cámara Chilena de la Construcción). Informe trimestral 36 2-2021. Actividad del Sector Inmobiliario del Gran Santiago (junio 2021)

El crecimiento de las ciudades en Chile, no sólo el caso de la Región Metropolitana de Santiago, ha sido objeto de mediatizadas discusiones toda vez que un proyecto inmobiliario pone en la balanza los atributos de valor de un determinado territorio o sector, o demandas legítimas de densificación, frente a su real oferta de prestaciones, desestimando muchas veces los procesos orgánicos en la conformación de barrios y otras expresiones demográficas residenciales (Lladó, 2016). Este fenómeno ha sido descrito por sus observadores críticos como una sustitución de las externalidades orgánicas del vecindario por una promesa de valor que no siempre se cumple, expresado en una oferta de pseudo-commodities (Andreucci et Al. 2017) y que ha devenido en la distorsión publicitaria de indicadores de calidad como certificaciones de eficiencia e impacto ambiental, los cuales tienden a incumplir estándares mínimos exigibles a sus disposiciones (Rey & Velasco, 2006).

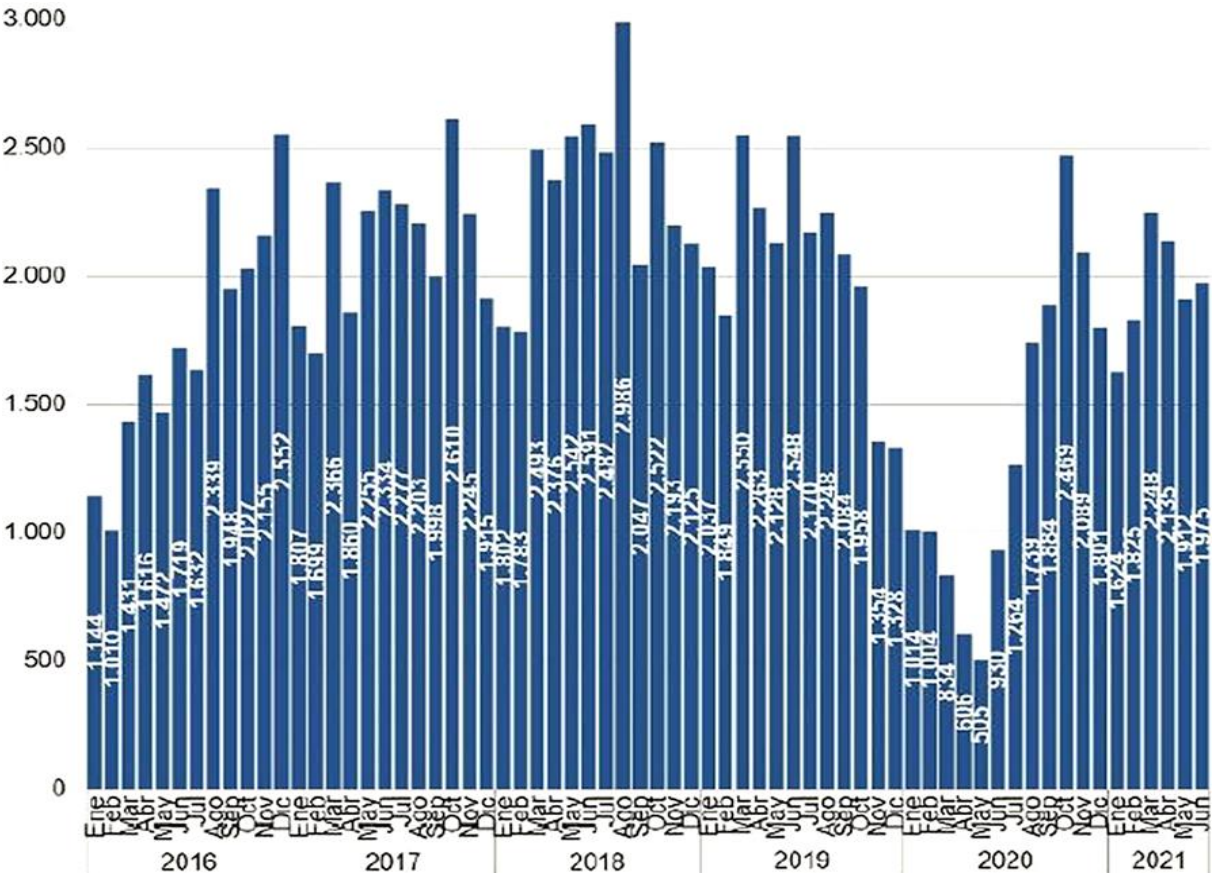
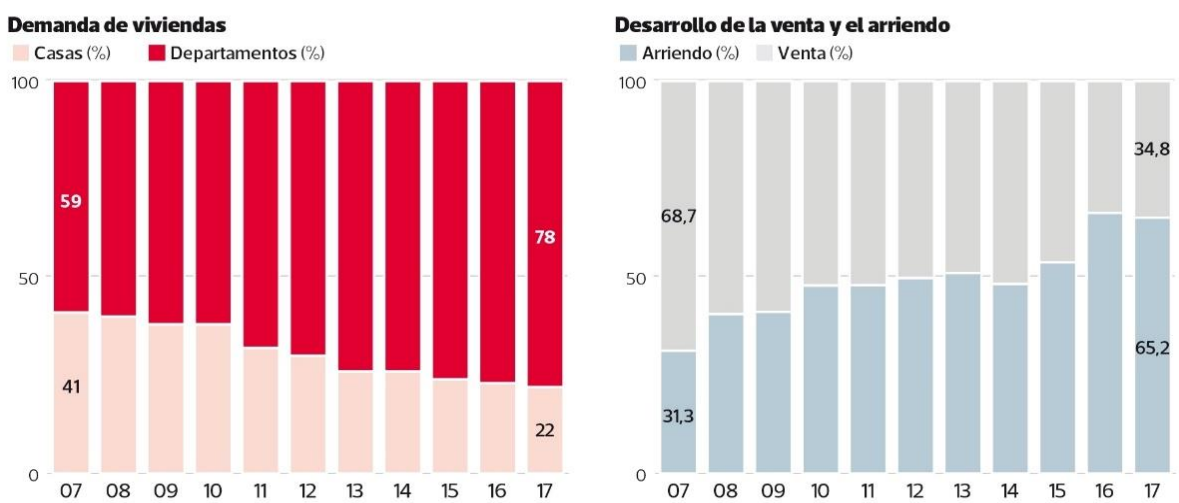
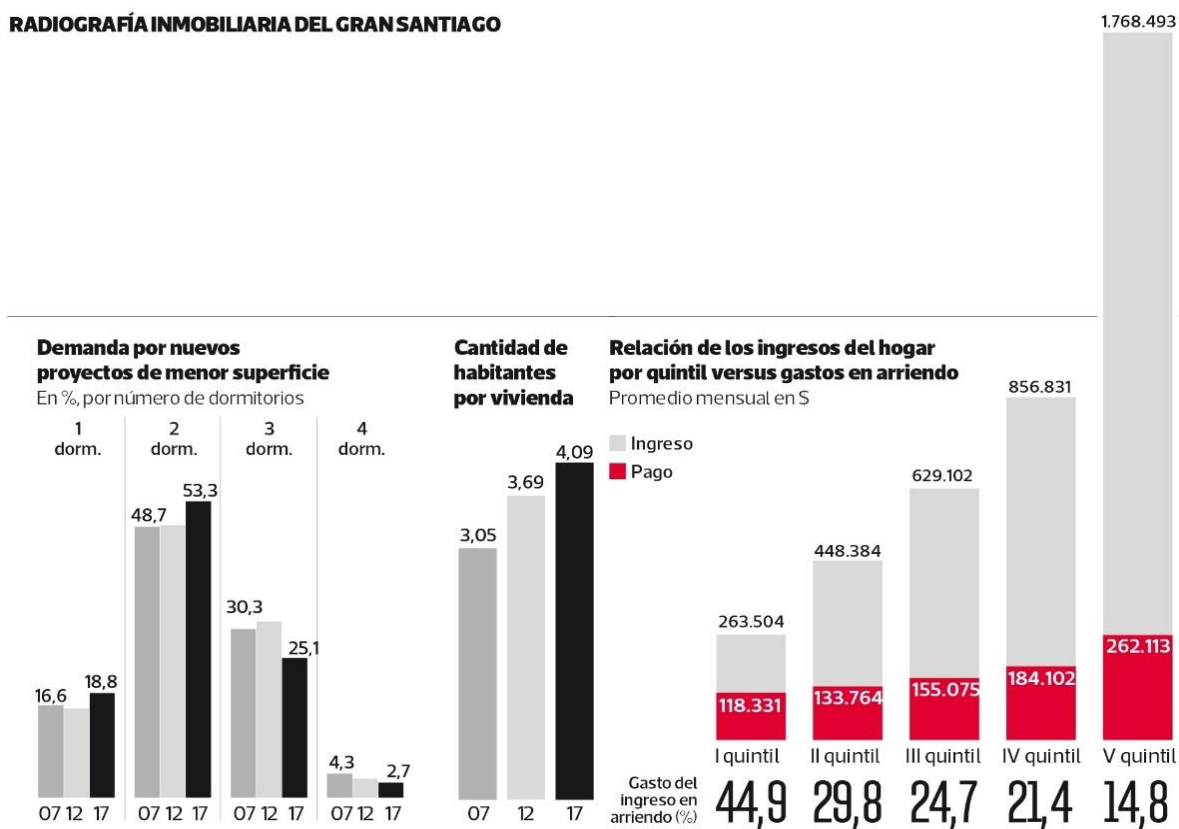


Fig. 4 – Ventas mensuales de departamentos en el Gran Santiago (Informe trimestral Junio 2021). El mes de mayo de 2020 marca el registro más bajo de unidades vendidas y que coincide con la primera ola de la pandemia en Chile y sus efectos en la sociedad, la economía y el consumo. (Fuente: Cámara Chilena de la Construcción)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Íbid.

## RADIOGRAFÍA INMOBILIARIA DEL GRAN SANTIAGO



FUENTE: Techo Chile y Mercado Libre Clasificados (Portalinmobiliario.com) / Centro de Investigación Social (CIS) a partir de Casen 2015.

Fig. 5 – Radiografía inmobiliaria del Gran Santiago hasta el año 2017. La presente infografía, difundida por la prensa, ilustra algunas tendencias significativas en el aumento de la oferta de departamentos y el porcentaje de personas que están eligiendo esta tipología de vivienda para su residencia, y que dan cuenta del estado del mercado de la construcción hasta antes de la crisis de 2019 (Fuente: La Tercera, edición del 16 de febrero de 2018)

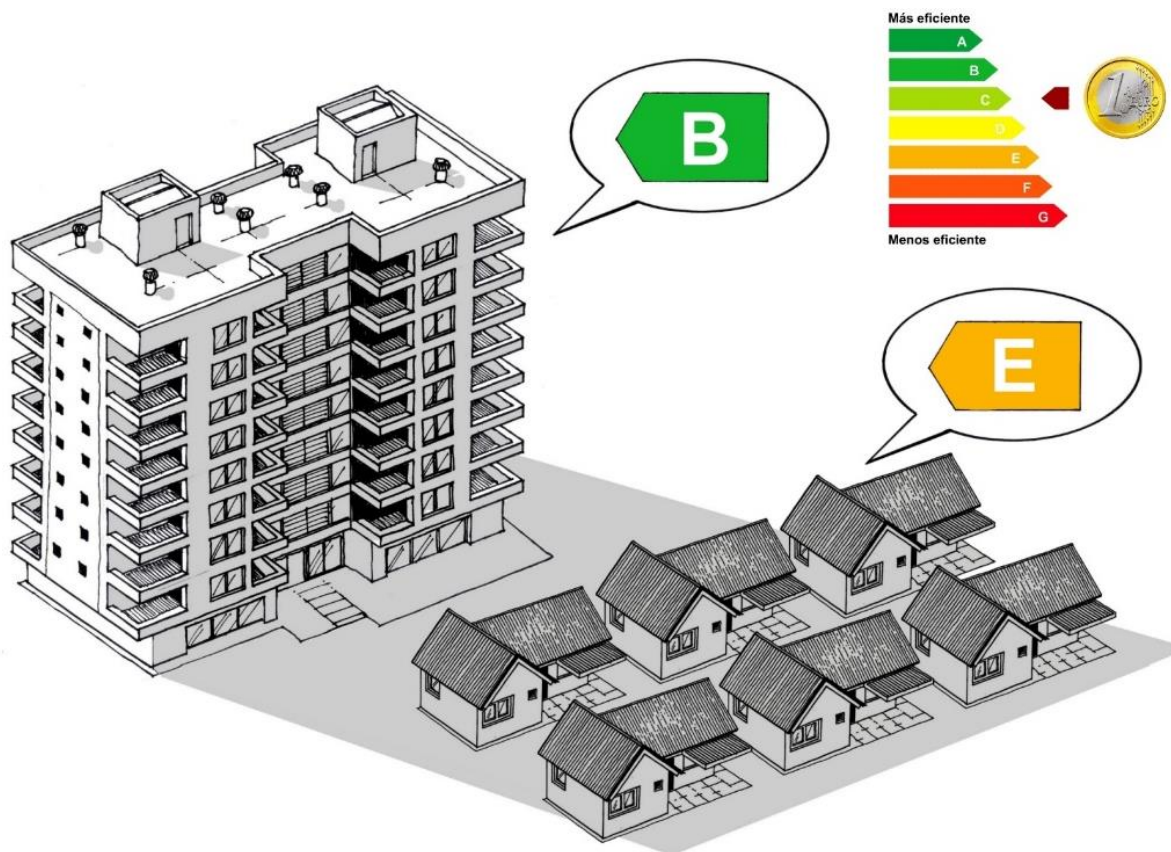


Figura 6 – Efectos negativos de edificación de alta densidad (bloque) en barrio residencial sobre indicadores de eficiencia energética de viviendas de un piso. Una vivienda que cumple con estándares de certificación puede ver mermada su calidad como efecto indeseado de la densidad urbana desregulada. (Fuente imagen: Felipe Encinas y Alex Hurtado, 2017)<sup>4</sup>

### 1.1.2. Valor especulativo de uso de suelo y merma en calidad de la construcción

En Chile, las grandes iniciativas estatales de vivienda y urbanismo, estimadas por el gobierno cívico-militar de la década de 1980 como resabio de un modelo asistencialista, fueron sustituidas por la gestión empresarial privada que, en conjunto a los lineamientos de administración comunal asumieron un rol protagónico en la configuración morfológica de la ciudad desde la Política Nacional de Desarrollo Urbano de 1979 (Hidalgo, et Al., 2016). En su formulación, expresamente se declaraba la necesidad de asegurar «el funcionamiento de un eficiente mercado de la tierra urbana» (Giménez & Gacitúa, 2012) y que por medio del subsidio a la demanda consolidó la industria inmobiliaria como agente promotor de la política

<sup>4</sup> Ilustración realizada con fines académico-docentes, clase del profesor Felipe Encinas P. en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile (Mayo de 2017)

mercantil del suelo, incluyendo el rol del Estado frente al medio ambiente, erigiéndose como organismo garante en la transformación de zonas deterioradas en áreas atractivas para la inversión y la rentabilidad (Daher, 1991).

Ya en los años de transición democrática, con Chile reinsertándose en el concierto global, esta dinámica impulsada por el régimen cívico-militar le sobrevivió al término de su gobierno con condiciones muy favorables al crecimiento del rubro inmobiliario; habiendo sido conducido por los agentes público-privados con una mínima participación del Estado, éste perdió potestad y atribuciones para el desarrollo y planificación urbanas, prefigurando el desarrollo ulterior de la ciudad sobre una lógica *empresarialista* (sic) y especulativa, asumiendo el sector público -representado por los gobiernos locales- los riesgos mientras el sector privado podía capturas los beneficios de las iniciativas emprendidas (Vicuña, 2013)

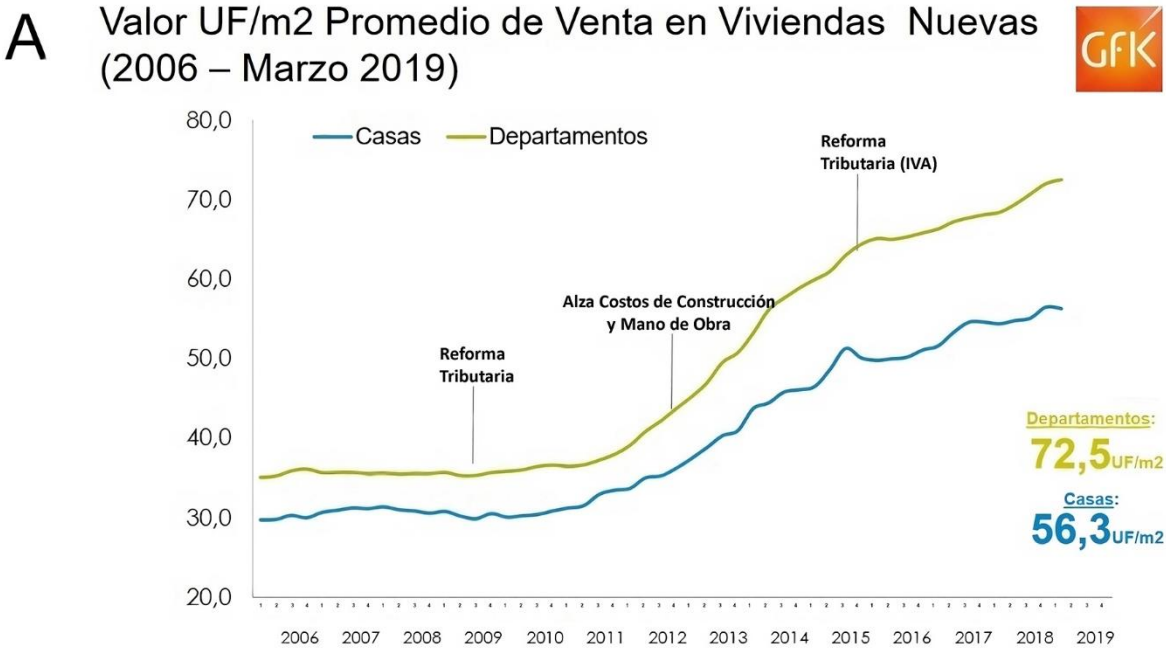


Figura 7 – Indicadores de aumento de valor (precio) en viviendas. (A) Estudio de mercado (Fuente: Informe trimestral de mercado inmobiliario. GfE Estudios de Mercado, Adimark, 2019)

Por la informalidad de los medios con que se han hecho familiares en la discusión conceptos como *burbuja inmobiliaria* y *especulación del valor del suelo*, no es posible asignarle valor argumentativo desde el rigor académico, sin embargo, provee cuando menos indicadores de sensibilidad frente algunos de sus efectos. En el caso del producto inmobiliario chileno, en los

últimos 10 años se advierte un incremento significativo del precio de venta el cual, no obstante, no se refleja en una mayor inversión en materiales y procesos de construcción, lo que permite inferir que la lógica especulativa inmobiliaria pone énfasis en externalidades y valor de suelo por sobre atributos de diseño y calidad de la edificación (Encinas et al, 2019)

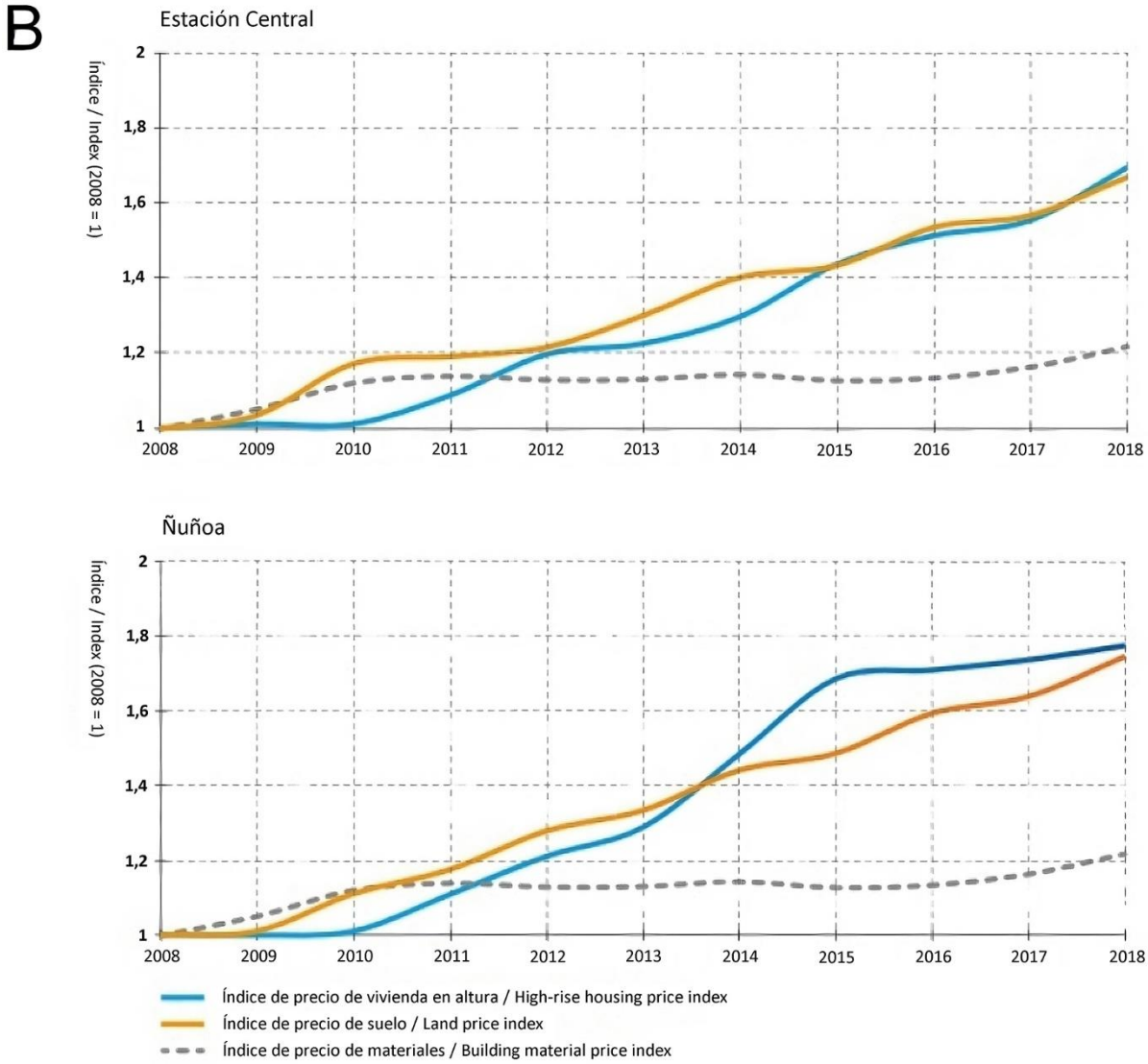


Figura 8 – Estudio aplicado a comunas de alta densificación de viviendas, Estación Central y Ñuñoa; en ambos gráficos se demuestra indicador del valor especulativo de suelo respecto precio constante procesos de materiales. Si estos gráficos (B) se compara con el gráfico anteriorente expuesto (A) (Figura 7) se advierte el aumento sostenido del precio de venta de departamentos se corresponde con el aumento de valor de suelo, sin incidencia del precio de venta de materiales lo que permite inferir baja inversión en calidad de la construcción (Fuente: Encinas, et al. 2019)

**1.1.3. Confortabilidad térmica y pobreza energética**

La eficiencia energética es un tópico de permanente vigencia en la edificación, por cuanto la escasez de recursos y el impacto de la contaminación ambiental han puesto en valor la necesidad de un habitar sostenible. Desde los años 70, el uso de energías a partir de combustibles fósiles ha sido progresivamente sustituida por Energías Renovables No Convencionales (ERNC), sin embargo, el diseño de sistemas energéticos pasivos y de bajo consumo es también una alternativa efectiva al respecto de los costos de implementación y el plan de inversión que supone una transformación a energías limpias, dirigida a segmentos de menor poder financiero o adquisitivo.

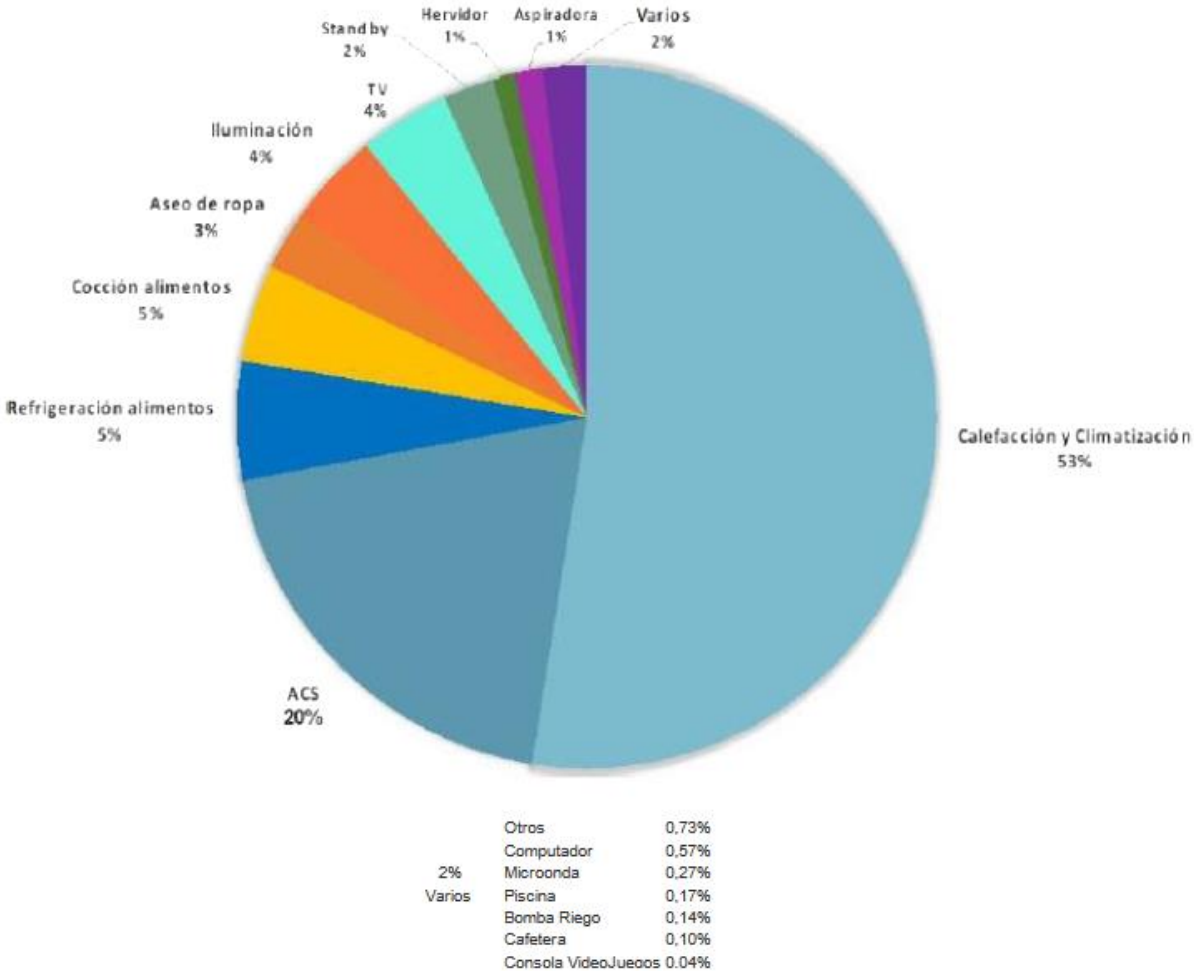


Fig.9 – Consumo energético por viviendas. El consumo de energía utilizado por conceptos de Calefacción y Climatización corresponde al mayor gasto (53%) seguido por el uso de Agua Caliente Sanitaria (20%). Fuente: Informe final de usos de la energía en los hogares de Chile (2018). Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (Fecha de publicación. Diciembre de 2019)

El concepto de pobreza de combustible (*fuel poverty*), proveniente de los indicadores HDI (*Human Development Index*) y PQLI (*Physical Quality of Life Index*) surgió para designar la línea de exclusión socio-económica determinada por la dificultad de acceder a la energía necesaria para el confort, remitida exclusivamente a la adquisición de combustibles (Krugman & Goldenberg, 1983), fue reemplazado por el término semánticamente más amplio de pobreza energética (*Energy poverty*) cuya concepción sistémica remite a la incapacidad doméstica de acceder a fuentes de energía adecuadas a los requerimientos de un grupo humano (Pachauri & Spreng, 2004), en el cual no sólo se considera la brecha entre el costo de suministros energéticos y bajos ingresos salariales, sino el diseño de viviendas de deficiente confortabilidad térmica y dificultad de acceso a servicios complementarios urbanos que pudieran subsanar tales carencias (Middlemiss et al., 2019). La condición sistémica y multifactorial de la confortabilidad térmica propende a determinar correlaciones para observar indicadores de rendimiento, susceptibles de ser modelados para visualizar la relación entre diseño y confortabilidad de la vivienda (Shepperd & Batty, 2003).

La confortabilidad térmica y la eficiencia energéticas como indicadores de calidad de vida son perceptibles toda vez que fenómenos climáticos y atmosféricos ponen a prueba la efectividad del diseño arquitectónico en el producto vivienda, particularmente sensible en los sectores de menor poder adquisitivo que padecen la merma en calidad. A este respecto, algunos sucesos son sintomáticos y dejan en evidencia los puntos críticos de esta situación.

“El fenómeno en referencia corresponde principalmente al uso masivo e indiscriminado de calefacción contaminante (...) Más allá de la crítica inerte y del desconsuelo queremos hacer una certera propuesta para atenuar el efecto concentrándonos en la vivienda como unidad eficiente tanto en su envolvente como en su sistema de calefacción. Lo primero es justamente establecer el concepto de conservación eficiente del calor y esto parte principalmente por invertir en nuestro hogar, blindando nuestra vivienda con aislantes de calidad, en espesores adecuados tanto para muros, pisos y cielos en el caso de viviendas existentes, programa exitosamente impulsado por el Ministerio de Vivienda a través del subsidio PPPF térmico que ha permitido beneficiar a mucha gente en esta región y por otra parte exigir un estándar mínimo para las nuevas construcciones” (CCHC, 2013)

En virtud de los antecedentes mencionados, la vivienda socialmente significada como un producto condicionado por la especulación inmobiliaria propicia una observación crítica de rasgos morfológicos en su diseño, los cuales a su vez permiten inferir, incluso en la representación abstracta del volumen edificado, relaciones dimensionales de sus elementos tectónicos (vanos y rasgos) para diagnosticar indicadores generales de confortabilidad sugeridos por la concepción arquitectónica de la caja y el tratamiento de la envolvente. Los aspectos normativos, en especial aquellos que rigen las condiciones estándar para cautelar el rendimiento del confort térmico, son determinantes en la calidad del producto terminado y los eventuales acondicionamientos para optimizar la confortabilidad del departamento. En ese aspecto, una conclusión preliminar emanada del presente estudio orienta a una reflexión crítica respecto a la derivación de los gastos incurridos en acondicionamiento al residente, y no a la persona o entidad propietaria del inmueble, con el consiguiente impacto en la calidad de vida y recursos financieros de las personas que habitan tales unidades.

#### **1.1.4. Contexto de la técnica y estado del arte**

En el escenario post pandemia y sus efectos sobre la economía, la producción y el empleo, la accesibilidad a la vivienda ha resurgido a la discusión del urbanismo como ciencia social determinante para los objetivos del bienestar comunitario, particularmente sensible en la coyuntura de elaboración de una nueva Carta Fundamental para Chile. La tipología de vivienda en departamentos se ha vuelto un bien difícil de adquirir para un segmento más amplio de la ciudadanía y se estima que un 48% de los departamentos comprados en el período reciente (2020-2021) son con fines de inversión y no como proyecto de vida personal, propendiendo a una dinámica orientada al mercado de arriendo lo cual, a su vez, incide en su valor desde su progresiva concepción como habitar transitorio<sup>5</sup>. Se observa en la producción y oferta inmobiliaria una recurrencia al diseño ortogonal con elementos tectónicos de piso a cielo, cuya morfología asemeja una caja de hormigón, de pobre confortabilidad térmica y calidad constructiva, donde los residentes son afectados por el calor del verano e incurrir en crecientes gastos energéticos para confortar las bajas temperaturas del invierno. Para

---

<sup>5</sup> Programa Plaza Pauta. Entrevista a Luis Fuentes, director Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS). (Jueves 4 de noviembre de 2021)

semejante condición, se advierten aspectos normativos críticos y también respuestas técnicas consistentes con los efectos de estos lineamientos reglamentarios.

#### 1.1.4.1. Aspectos normativos críticos (Chile)

Las normas de edificación en Chile estipulan que, dentro del ámbito de la confortabilidad térmica, sus objetivos son «la obtención de un ambiente interior aceptable para el ser humano en términos de confort y salubridad, durante el desarrollo de sus actividades»<sup>6</sup>, dados los parámetros de confort definidos por los siguientes rangos:

Tabla 1 – Rangos de confort térmico para el interior de la vivienda (CChC, 2008)

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Temperatura interior (°C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
VERANO	20	50
INVIERNO	24	50

(Fuente: Manual de instalaciones térmicas. Comité de especialidades. Cámara Chilena de la Construcción (2008))

De igual forma, debe considerarse en el diseño arquitectónico de la vivienda y sus conexiones con el medio exterior, la permanente capacidad de renovación de aire al interior de sus espacios y recintos comunes del edificio. A saber, las principales normas que rigen los aspectos de confortabilidad térmica y climatización de los edificios, sean éstos de vivienda u otro programa de uso compartido, son las siguientes:

Tabla 2 – Marco normativo del confort térmico en la construcción.

<b>REGLAMENTO</b>	<b>TEMA</b>	<b>APLICACIÓN</b>
NCh853.Of1991	Acondicionamiento térmico	Diseño de envolvente térmica de edificios, cálculo de resistencias y transmitancias térmicas (Actualizada 2008)
NCh851. Of2008	Aislación térmica (Condiciones de transferencias de calor y cálculo de temperaturas ambiente)	Determinación de propiedades de transferencia térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas.
NCh1070.Of1984		Uso de poliestireno expandido (requisitos)
NCh1071.Of1984		Uso de lana mineral (requisitos)

*Continúa en página 27.*

<sup>6</sup> Fuente: Manual de instalaciones térmicas. Comité de especialidades. Cámara Chilena de la Construcción (2008)

Continuación tabla 2

NCh1079.Of1977	Arquitectura y construcción (consideraciones de diseño)	Zonificación climática-habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
D.S. N°47		Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. (MINVU)
D.S. N° 66 - 2007	Arquitectura y construcción (Instalaciones y	Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas. (Ministerio de Economía)
D.S N° 48	acondicionamiento térmico y ambiental del espacio)	Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor. (MINSAL)
D.S. N° 594 - 1999		Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de Trabajo. (MINSAL)
Fuentes: Instituto Chileno de Normalización, Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU), Cámara Chilena de la Construcción (CChC)		

Aunque Chile carece de una norma expresamente referida a climatización<sup>7</sup>, el mencionado cuerpo normativo, amén de otras normas y reglamentos circunstancialmente pertinentes al acondicionamiento térmico y ambiental según la aplicación, y aquellas normas exigidas al ensayo y estudio de rendimiento de procesos y materiales (como las normas ASTM C1155<sup>8</sup>, Estándar práctico de resistencia térmica para componentes de la envolvente del edificio, y la norma ISO 14001:2015 de control ambiental) proporcionan un campo reglamentario para las consideraciones de diseño, de evaluación y diagnóstico de casos referidos al tema.

En el caso de la aislación térmica en la envolvente de hormigón, ésta se calcula en función de dos propiedades esenciales: La Transmitancia Térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ), correspondiente al flujo de calor que pasa por unidad de superficie del sistema constructivo cuando la diferencia de temperatura entre ambos lados del muro es  $1^{\circ}K$ , y la Resistencia Térmica Total  $RT$  ( $m^2K/W$ ), correspondiente al indicador del cálculo recíproco de  $U$ . En Chile, el valor recomendado de Transmitancia Térmica estipulado en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones es comparativamente más alto que el estándar internacional, lo cual incide en la extendida necesidad, prácticamente universal, de incorporar capas de material aislante en la envolvente

<sup>7</sup> Fuente: Manual de instalaciones térmicas. Comité de especialidades. Cámara Chilena de la Construcción (2008)

<sup>8</sup> *European Standards*. <https://www.en-standard.eu/>

como resultado de esta deficiencia normativa<sup>9</sup>. Frente a esta evidencia, cabe agregar que no es frecuente en nuestro país que un edificio que incumpla condiciones de confortabilidad sea demolido (si ocurre en el caso de riesgo estructural o fallas graves de seguridad) y el gran volumen de unidades edificadas bajo esta condición proveen un campo de oportunidad de significativo impacto para la evaluación del problema.



Fig.10 – Imagen representativa de diseños recurrentes en el producto inmobiliario en Santiago durante los años recientes, evidencia de la envolvente como caja y áreas de contacto con el medio externo. (fuente imagen: Producción propia a partir de plantas tipo de departamento piloto obtenidas de sitio *Portal Inmobiliario*)

<sup>9</sup> Hormigón al día. Aislación térmica en muros de hormigón (2020). <https://hormigonaldia.ich.cl/sostenibilidad/aislacion-termica-en-muros-de-hormigon/> (Fecha consulta. 21 de Julio de 2020)

### 1.1.4.2. Conceptos clave de la tecnología

#### i. Eficiencia energética

Se entiende por eficiencia energética el indicador obtenido por la relación de proporcionalidad inversa entre energía emanada y energía ingresada a un determinado sistema energético, es decir, a mayor energía emanada u obtenida, menor sea gasto energético o energía ingresada, sin que exista una determinación a priori de las fuentes energéticas involucradas en esta ecuación; así por ejemplo, la concurrencia de sistemas energéticos que no requieren gasto de combustible, pueden optimizar el rendimiento de un sistema alimentado por una red de suministro energético (Lovins, 2017).

$$\text{Eficiencia Energética} = \text{Energy Output (Emanada)} / \text{Energy Input (Ingresada)}$$

A esta premisa se circunscriben los sistemas energéticos de bajo consumo, sistemas energéticos pasivos y ERNC (Energías renovables no convencionales) cuyas prestaciones ofrecen una ventaja comparativa respecto de aquellos sistemas basados en combustibles fósiles o Empresas de suministros de energía mediante red urbana convencional. Esta ventaja radica en la recuperación del gasto de inversión por instalación de sistemas ERNC por período de tiempo, por ejemplo, el ahorro comparativo de consumo de energía eléctrica de red por instalación de paneles fotovoltaicos en una vivienda puede observarse al cabo de un año.<sup>10</sup>

#### ii. Flujo de calor, balance térmico y rendimiento de la envolvente

El estudio del comportamiento térmico de un edificio parte de la premisa que el volumen edificado define superficies de contacto donde se producen los intercambios de calor de mayor a menor temperatura. No obstante, esta envolvente tiene atributos tectónicos -no sólo remitida a la bidimensionalidad de la superficie misma de contacto –que pueden cualificarse evaluando la transferencia de calor en función de sus distintos espesores, variedad de materiales de construcción y sus respectivas propiedades, lo cual plantea un campo de exploración tan vasto y diverso como las combinaciones posibles de tales variables, esto en

---

<sup>10</sup> Entrevista con Eduardo Soto Sepúlveda, Ingeniero electricista, CEO & founder Phineal SpA. (Viernes 17 de Julio de 2020)

adición a las condiciones específicas de la ubicación territorial y climática del edificio. Para efectos de este estudio, se consideran las variables de flujo del calor, a saber: Radiación (que es la transmisión de energía en forma de radiación electromagnética y cuya relación de aumento o disminución de temperatura es inversamente proporcional a la longitud de onda), conducción (que es la transferencia de energía por contacto, la cual está en función del valor del diferencial térmico, la superficie de contacto y la propiedad conductora de los materiales que componen los cuerpos en contacto) y convección (que es el proceso de transmisión de calor a través de un fluido en estado líquido o gaseoso) (D'Alençon, 2008). La envolvente, y sus intercambios de calor con un medio oscilatorio y cambiante suponen un desafío de acondicionamiento no sólo para su diseño arquitectónico y el rendimiento de sus elementos tectónicos (Muros, ventanas, suelos, cubiertas), sino también para los residentes de sus unidades de vivienda que deben procurarse los medios para mitigar la adversidad de tales efectos y alcanzar un estado de equilibrio, es decir, controlar el diferencial térmico de sus oscilaciones y alcanzar una temperatura estable. Este estado de equilibrio se denomina balance térmico y se manifiesta cuando la suma de los distintos indicadores de flujo de calor tiene un valor cero, tal que:

$$Q_c + Q_v + Q_s + Q_i + Q_e = 0 \quad ; \quad \text{Dónde:}$$

- $Q_c$  = Conducción
- $Q_v$  = Ventilación
- $Q_s$  = Radiación solar (Directa e indirecta)
- $Q_i$  = Fuentes internas de calor
- $Q_e$  = Evaporación

Los conceptos de transmitancia, resistencia y masa térmica corresponden a los principales indicadores cuantificables del comportamiento de los elementos tectónicos o envolventes de un determinado espacio bajo condición de interioridad, es decir, que está completamente contenido dentro de sus límites construidos, con respecto a la incidencia de la temperatura en tales elementos y en función de los atributos materiales que los componen. A saber:

- La transmitancia térmica o Valor U (U-Value) ( $W/m^2 \cdot K$  o  $W/m^2 \cdot C$ ) corresponde a la transferencia de calor por tiempo y área a través de un determinado sistema constructivo a partir de un diferencial térmico de  $1^\circ K$  o  $1^\circ C$  en los ambientes que media e incluye la resistencia térmica superficial en la cara exterior e interior del elemento constructivo.

- La resistencia térmica ( $m^2K/W$  o  $m^2C/W$ ) es la dificultad de transmisión de calor en un cuerpo sólido o por la existencia de cámaras de aire. El cálculo de resistencia térmica en un sólido se obtiene por el cociente entre el espesor del material y su conductividad térmica ( $R=e/\lambda$ ); cuando la dificultad de transmisión es por causa de un volumen de aire en contacto con el cuerpo transmisor se denomina resistencia térmica superficial y se entiende como resistencia térmica total a la suma de los tipos de resistencias térmicas en los componentes de un sistema constructivo.
- Existe otro fenómeno que se complementa a los indicadores de transmitancia y resistencia que es el de masa térmica (también denominado inercia térmica), el cual consiste en la propiedad de algunos materiales -como el hormigón- de almacenar calor y liberar energía con un desfase de tiempo dependiendo de los elementos que lo componen y su capacidad de transferencia o conducción de calor.

Cabe mencionar que estos indicadores suelen ser estandarizados por materiales y técnicas constructivas según las especificaciones y exigencias de construcción, y las lecturas varían en función del dimensionamiento de los límites tectónicos y su diseño (Bustamante, et Al. 2009).

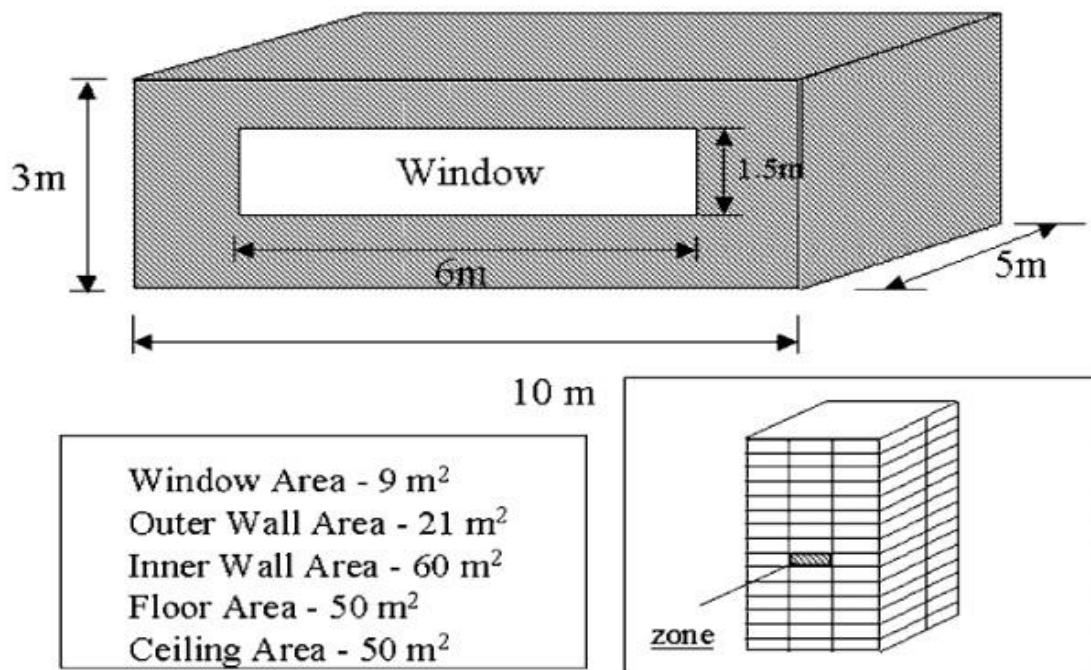


Fig. 11 – Dimensionado de elementos tectónicos para aplicación de Lógica Difusa (*Fuzzy Control Logic*). La relación entre superficie total expuesta al exterior, y la superficie del vano o rasgo (ventanas) que se cualifica en una razón (ratio) de vulnerabilidad a la oscilación de la temperatura por una menor resistencia térmica del material (Shepherd & Batty, 2003)

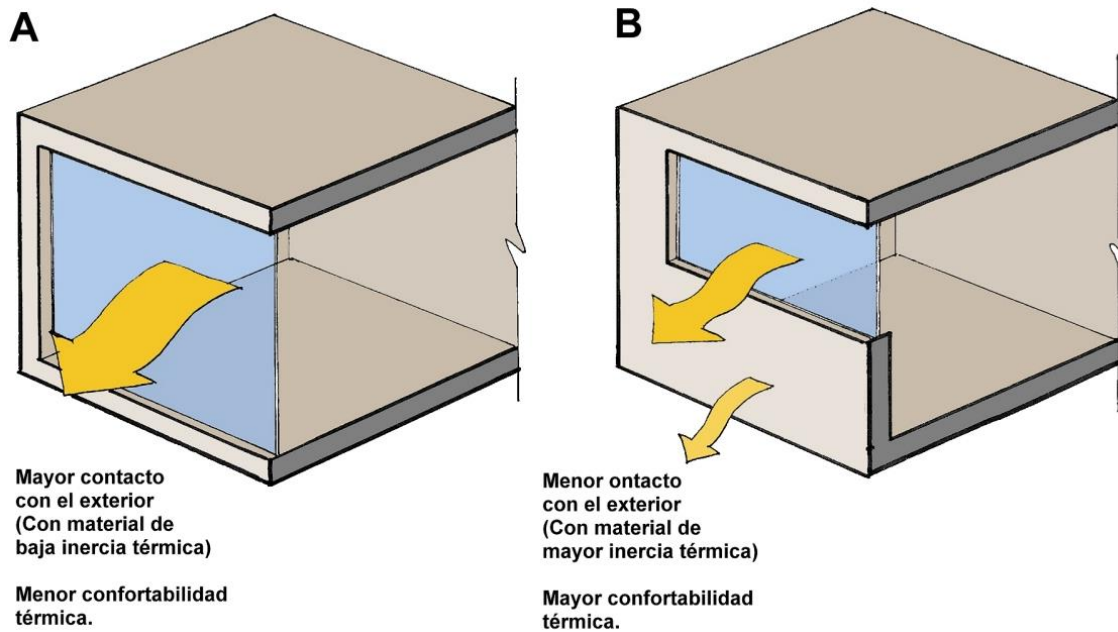


Fig. 12 – Boceto comparativo de superficie de límites tectónicos en contacto con el ambiente exterior. El método de Lógica Difusa permite establecer un parámetro de confortabilidad deficiente cuando la relación tiende a 1 (es decir, cuyo límite tectónico envolvente tiene alta transferencia térmica) en comparación a las viviendas con envolvente más robusta y con mayor resistencia a los flujos de calor.

### iii. Mantenimiento predictivo y Control Supervisado de Datos

Se entiende como mantenimiento predictivo a la progresiva sustitución de destreza humana aplicada a tareas de mantenimiento, sea ésta programadas en intervalos regulares de tiempo (*Time-based maintenance*) o por asistencia de reparación manual (*Hands-on maintenance*) del equipamiento de un determinado proceso por tecnologías de monitorización basadas en reconocimiento de patrones (*Pattern recognition*), redes neuronales, lógica difusa y modelos físicos y empíricos basados en datos (*Data-driven empirical and physical modeling*) (Hashemian, 2010).

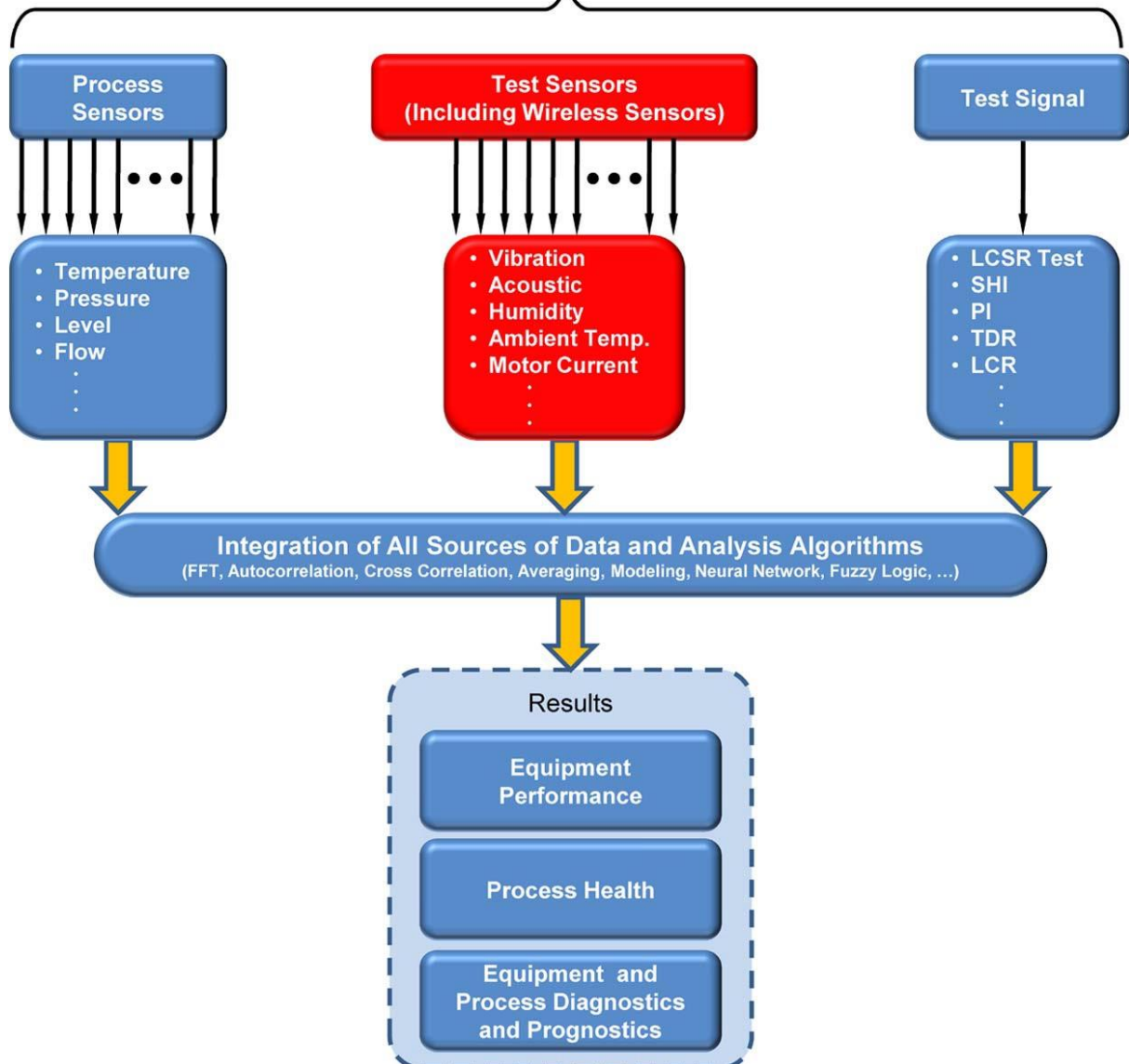


Fig.13 – Diagrama de un modelo automatizado de Mantenimiento Predictivo con captura y procesamiento de datos. Se distinguen tres categorías basadas en atributos y prestaciones tecnológicas de sensores y dispositivos de captura, a saber: Sensores de proceso, prueba de comunicación de sensores y pruebas de señales. (Hashemian, 2010).

En este ámbito, el desarrollo del Internet de las Cosas (*Internet of Things*) y el análisis de Grandes Datos (*Big Data*) ha devenido en una diversificación y especialización de diseños para la implementación de sistemas de Control Supervisado y Adquisición de Datos, SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) para determinar eventuales contingencias susceptibles de ser respondidas en tiempo real o con capacidad de anticipación al fallo, para cautelar el cumplimiento de objetivos de desempeño u optimizar procesos industriales.

Siendo los modelos SCADA un concepto que ha progresado paralelamente a la informática y computadores, la creciente ubicuidad de los dispositivos de captura y plataformas de modelamiento de información ha expandido las prestaciones de este ámbito a otros escenarios no remitidos a la producción e industria, donde sea que se requiera proveer una lectura avanzada de rendimiento de máquinas y gasto energético (Thomas, et Al, 2004).

Tabla 3 - Elementos de arquitectura de un sistema SCADA de energía

---

Estación Maestra (Master Station): Conjunto de computadores, dispositivos periféricos y sistemas de entrada y salida. (Input/Output Systems) que posibilitan al operador de un sistema monitorizar el estado de las fuentes de poder y energía para ejercer control.

Unidad Terminal Remota (RTU): La RTU comprende toda la red de campo configurada sobre la base de diversos y especializados dispositivos de captura, que procesan y transmiten los datos relevantes a la Estación Maestra y, paralelamente, distribuye las señales de control y su recepción en los dispositivos de captura en campo.

Sistema de Comunicación: Remite a los canales o medios de transmisión de datos entre los dispositivos de captura en campo y la Estación Maestra, y cuya eficiencia depende del ancho de banda del canal y la velocidad de flujo de datos.

Interfaz Humano-Máquina (HMI): La HMI hace referencia a la interfaz requerida para la interacción entre los datos reportados a la Estación Maestra y los encargados de operaciones en diversos puntos de la red de campo en el sistema SCADA.

---

Componentes básicos para la implementación de un modelo SCADA aplicado a la monitorización de fuentes de poder y energía (Thomas, et Al, 2004).

Los modelos SCADA se han masificado con la difusión de prestaciones de plataformas *Open Source*, software y lenguajes libre de programación (como *Hadoop* y *Python*) y la creciente accesibilidad a materiales de prototipado rápido de productos de base tecnológica (*Hardware sketch*), como los microcontroladores Arduino, microprocesadores Raspberry, la masificación de herramientas de maquinado de control numérico para el diseño y fabricación ubicuas de placas PCB (*Printed Circuit Board*). Los costos de implementación de un sistema de monitorización y captura de data son significativamente bajos, por lo que su *driver* de valor está en el acopio de datos y el análisis de la información cuantificada<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Ibid.

#### **iv. Efecto rebote o Paradoja de Jevons**

El presente concepto no está, en rigor, remitido a las prestaciones o aplicaciones de un determinado tipo de producto o dispositivo en la producción de energía o monitorización, sino que aborda un fenómeno que es consecuencia de las técnicas aplicadas al control de rendimiento de fuentes de poder y asociado a condicionantes exógenas, principalmente económicas y culturales en torno a algunos supuestos profusamente difundidos de la eficiencia energética y que, en la práctica, resultan inefectivos. Enunciado por primera vez en 1865 por el economista inglés William Stanley Jevons en su célebre ensayo *La Cuestión del Carbón (The Coal Question)*, se refiere a la relación de directa proporcionalidad entre la optimización de rendimiento de la fuente de poder de la maquinaria de producción y el gasto de consumo energético de estas mejoras las cuales, no obstante haber sido expresamente ideadas en función de lograr mayor eficiencia del consumo, deviene en una condición paradójica toda vez que, en lugar de reducir el volumen de combustible sobre la constante de beneficio, los propietarios de los medios de producción eligen maximizar el beneficio manteniendo la constante de consumo «Cada mejora del motor (...) al hacerse efectiva no hace sino volver a acelerar el consumo de carbón» (Clark & Foster, 2001). Esta idea, que parecía circunscrita a los modelos de extracción colonialista y las teorías marginalistas del valor en etapas tempranas de la industrialización a fines del Siglo XIX, resurgió con fuerza tras la crisis del petróleo en la década de 1970, siendo reformulada como Efecto Rebote por el economista Daniel J. Khazzoom en 1980 para designar la reducción de costo marginal en la inversión de tecnología de mayor eficiencia energética para el acondicionamiento térmico y el confort lumínico, que incidía en un sensible aumento de demanda de tales servicios con el consiguiente aumento de demanda de energía y fuentes de poder. (Hertwich, 2005). En años posteriores, y ante una emergente preocupación de inspiración malthusiana<sup>12</sup> respecto de los recursos y los alcances globales del aumento de población, el efecto rebote de la eficiencia tecnológica y energética trascendió el ámbito económico para adquirir una dimensión social, demográfica y política que sustentó las tesis de decrecimiento en los tópicos de la sostenibilidad, y los esfuerzos para reducir drásticamente la producción y consumo (Alcott, et Al. 2012)

---

<sup>12</sup> En alusión al trabajo del economista inglés Thomas R. Malthus, *Ensayo sobre el principio de población (An essay on the principle of population, 1798)*, que planteó el dilema de la escasez de recursos del planeta de no mediar control en el sostenido incremento de la población mundial.

### 1.1.4.3. Referentes de estado del arte

En función de los conceptos clave de la tecnología, algunos ejemplos de servicios que actualmente responden a requerimientos de monitorización de confort térmico en el espacio doméstico o factores asociados, como es la calidad del aire en su saturación de partículas de polvo en suspensión, ofrecen una percepción del despliegue de los elementos de sistema conforme las demandas de mercado confieren valor a la necesidad emergente. Aunque las innovaciones tecnológicas suelen estar conducidas por los progresos del medio científico, la oportunidad que los dispositivos IoT (Internet de las Cosas) proveen para sensibilizar el rendimiento de gastos asociados a consumo de suministros, ha permitido la difusión de sus prestaciones a segmentos más amplios de público no estrictamente relacionados al ámbito industrial o de la producción.

#### i. *Smartek Cooling System* (Rusia)

Servicio que vincula todos los dispositivos de acondicionamiento de una casa, y provee al usuario un sistema holístico de control portable y operativo desde dispositivos móviles. En este caso la empresa *Smartek CS* (Rusia, Azerbaiyán) declara expresamente no realizar instalaciones, pero sí proveer de un modelo para cuantificar y administrar los diversos consumos domésticos destinados al confort térmico y ambiental.

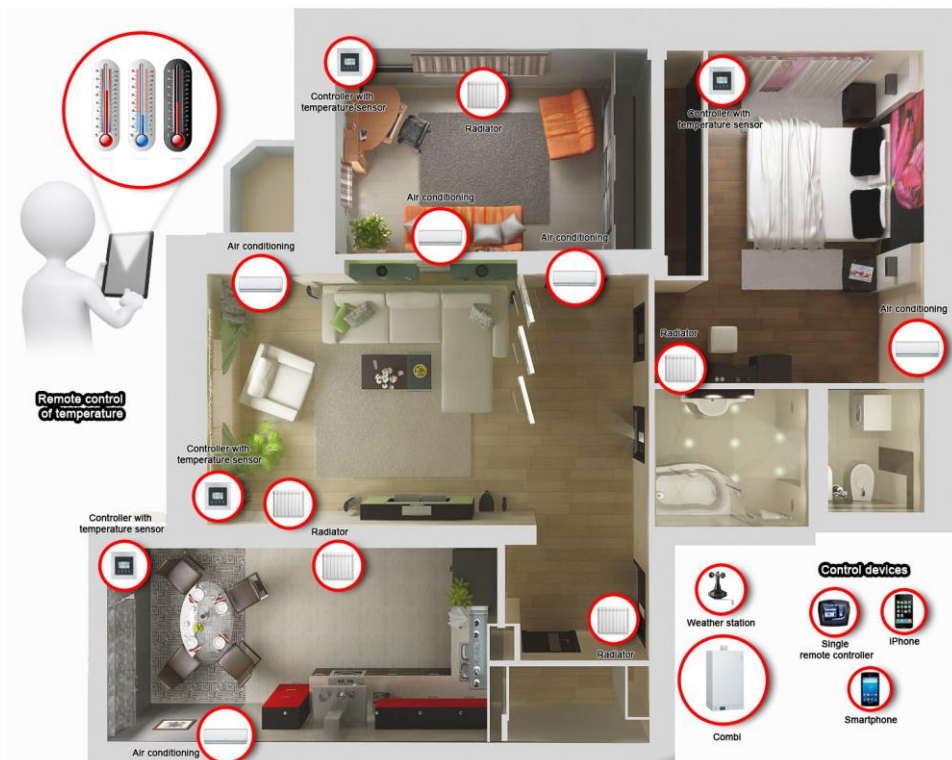


Fig. 14 – Diagrama de dispositivos de acondicionamiento conectados (fuente: [www.smartek.az](http://www.smartek.az))

## ii. Climo (Chile)

Climo es un servicio de arriendo de máquinas de acondicionamiento térmico operables desde dispositivo móvil y que permiten al usuario visualizar el consumo de energía. Aporta una mirada innovadora a la contratación de servicio técnico de instalaciones de climatización por medio de un modelo dinámico y flexible, que aporta valor al residente que no es propietario del inmueble y no desde incurrir en gastos para aumentar la valía de la propiedad ajena. Su ubicuidad también permite un modelo IoT de control y visualización de información portable (aplicación EWPE Smart), no obstante, su principal atributo diferenciador consiste en la incorporación de tecnología basada histéresis térmica (un ajuste regulatorio de encendido y apagado en el rango de temperatura comprendido entre los 19 °C y 20°C, que es a su vez el estándar ergonómico de confortabilidad térmica) de bajo consumo y su modelo de distribución interior *Split invertir*, que enlaza múltiples acondicionadores a una sola unidad exterior para mayor ahorro energético y gastos de instalación.



Fig. 15 – Dispositivo interior de acondicionamiento y aplicación móvil EWPE Smart CLIMO (fuente: [miclimo.com](http://miclimo.com))

## iii. Clairry Air Purifier (Italia/EE.UU.)

Clairry es un producto desarrollado por investigadores botánicos de la Universidad de Florencia y diseñadores de EE.UU. que ofrece un sistema doméstico de control de la polución basado en la propiedad de las raíces de las plantas de absorber polvo, lo cual se logra automatizando la aspiración mediante un sensor de cantidad de polvo en suspensión dispuesto en un macetero

y enlazado al activador de un pequeño extractor de aire que, en una pequeña tronera del macetero, aspira y filtra el volumen de aire contenido en una habitación. Se provee al usuario una aplicación para monitorizar indicadores de rendimiento, lo cual ya es recurrente en las propuestas de IoT, no obstante, un atributo diferenciador de este sistema es su presencia armónica en el entorno doméstico, valiéndose de un objeto del escenario cotidiano, para proveer una prestación técnica de carácter no invasivo y amigable con el entorno. Aún desde su condición experimental, es un producto ideado para su uso masivo en personas no familiarizadas con el control de rendimiento mediante una interfaz visual de navegación intuitiva y que pueden personalizar conforme a sus particulares requerimientos.

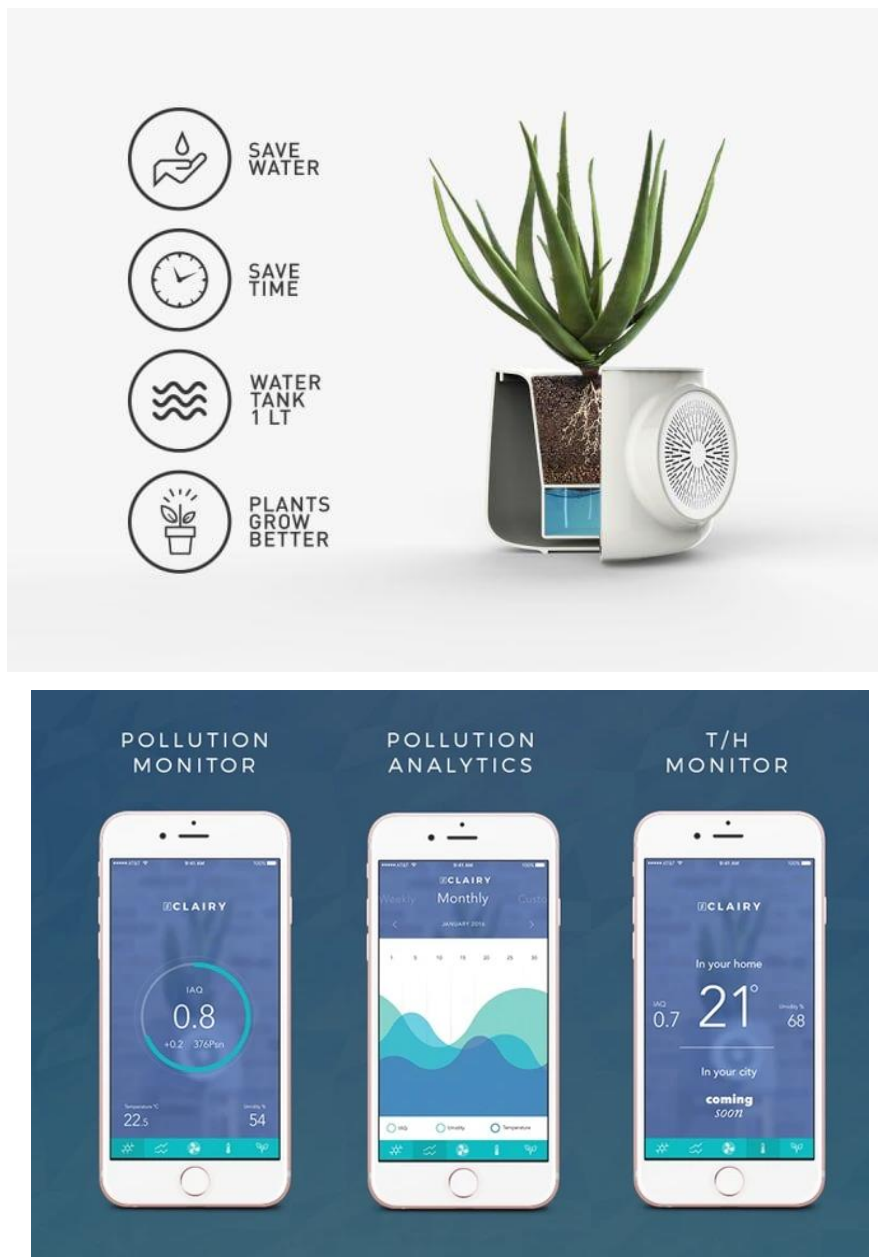


Fig. 16 – Purificador de aire y aplicación móvil CLAIRY (fuente: <https://betalist.com/startups/clairy>)

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

### 2.1. Problematización

Los antecedentes expuestos en la primera parte de este estudio expresan la condición sistémica y contextual del problema de la confortabilidad térmica y la eficiencia energética en la vivienda de departamentos, la que difiere del enfoque que cabría abordar para casos de viviendas aisladas, las cuales posibilitan una gama más diversa de alternativas en torno a sus acondicionamientos que además, por condición propia del inmueble y los mecanismos de acceso a su adquisición (la titularidad de la propiedad, la utilidad de disponer del suelo o una mayor versatilidad en las posibles intervenciones que el residente haga al volumen edificado), da cuenta de actores estratégicos con una capacidad de respuesta distinta, más autónoma y variada. En el caso del edificio de departamentos, los efectos circunstanciales sobre la economía de las crisis recientes, tienden a estresar la delimitación de un problema ya sensibilizado por la creciente postura crítica respecto de la especulación inmobiliaria, las dificultades de acceso a la vivienda y la progresiva merma en la calidad de la construcción de edificios de departamentos, en cuyo escenario el residente de la unidad habitacional tiene, de antemano, una capacidad más reducida de opciones para procurarse respuestas de acondicionamiento.

Las condiciones de contexto político, normativo, económico, territorial y sociocultural determinan la categorización de variables de estudio entre aquellos indicadores estándar y los indicadores variables de comportamiento del volumen edificado y su envolvente frente a las incidencias de la temperatura, ya que pueden observarse atributos reiterativos en la producción inmobiliaria definidos, a su vez, por el cuerpo normativo de construcción y las técnicas recurrentes de edificación desde su proyección arquitectónica. Evaluar el comportamiento térmico de la unidad respecto de las solicitudes de acondicionamiento, ofrece un punto de partida para proceder, sistemáticamente, a calificar el rendimiento sobre la constatación de sus parámetros tectónicos (flujos de calor y comportamiento de la envolvente), propendiendo a un modelo de cuantificación de tales solicitudes homologables a gasto energético, lo cual compromete la responsabilidad de los actores involucrados en la producción inmobiliaria antes que al residente o propietario.



## 2.2. Análisis conceptual del problema

### 2.2.1. Observaciones a la problematización inicial

Un aspecto decisivo para introducir el estudio crítico de la vivienda en altura en su confortabilidad ambiental reside en la insuficiencia normativa en Chile que determinan la condición por la cual la unidad departamento podría cumplir con estándares de confortabilidad térmica deficientes (ver punto 1.1.4.1), lo que se relaciona con el gasto energético requerido para acondicionar sus espacios interiores. Esta observación conduce a la siguiente línea de reflexiones de base, que sirven de supuestos para una investigación más profunda conducida por etapas, conforme a lo ilustrado en el mapa semántico preliminar del problema (Figura 17)

- La edificación existente ya acusa rasgos de confortabilidad térmica deficiente por la insuficiencia de la norma de resguardar las decisiones constructivas y de diseño para tal efecto. Las evidencias observables del problema, bajo la condición actual, serían manifiesta consecuencias de ello y las acciones de acondicionamiento a que recurran los usuarios de departamentos representaría la inutilidad de las medidas que las empresas constructoras ya emprenden para mitigar el fenómeno. Aún con el uso de revestimientos y otros aditivos retardantes de la transmitancia térmica a la envolvente, los indicadores de confort térmico-ambiental deficiente son medibles en el contexto del cambio climático y el registro de temperaturas por estación.
- Las acciones de acondicionamiento a que deben recurrir los usuarios que requieren acondicionar sus espacios de residencia permiten determinar el marco de participación de un mercado mucho más definido, en el ámbito de las instalaciones, servicio de evaluación de rendimiento, diagnóstico y recomendaciones para el uso de sistemas adicionales de calefacción, enfriamiento o circulación de aire, según sea el caso. Hoy en día, frente a la diversificación de la convergencia digital, la computación ubicua expresada en la Internet de las Cosas (*IoT*) y la profusión de medios de captura y análisis de datos, sus prestaciones no se limitan sólo a la instalación de sistemas de acondicionamiento, sino también a la monitorización y evaluación en tiempo real de rendimiento de sus equipos.
- El estándar definido por el cuerpo normativo, y los métodos y técnicas existentes de medición y evaluación de rendimiento de la eficiencia térmica de la envolvente del

edificio, fundan una base de métodos de estudio que definen el marco procedimental de un diagnóstico preliminar del problema para efectos de cuantificación del mercado. Este diagnóstico preciso de casos puede ser analizado comparativamente con las prestaciones de acondicionamiento, mientras el diferencial entre la inversión en el bien inmueble y los gastos incurridos para su acondicionamiento suponen una oportunidad de mercado para llevar métodos más actuales y efectivos de cualificación basada en data, para evidenciar aquellos atributos aún deficitarios cuya mitigación convoque el interés de los actores estratégicos involucrados en la producción inmobiliaria y también a acciones político-gubernamentales en torno al resguardo de la calidad de la vivienda.

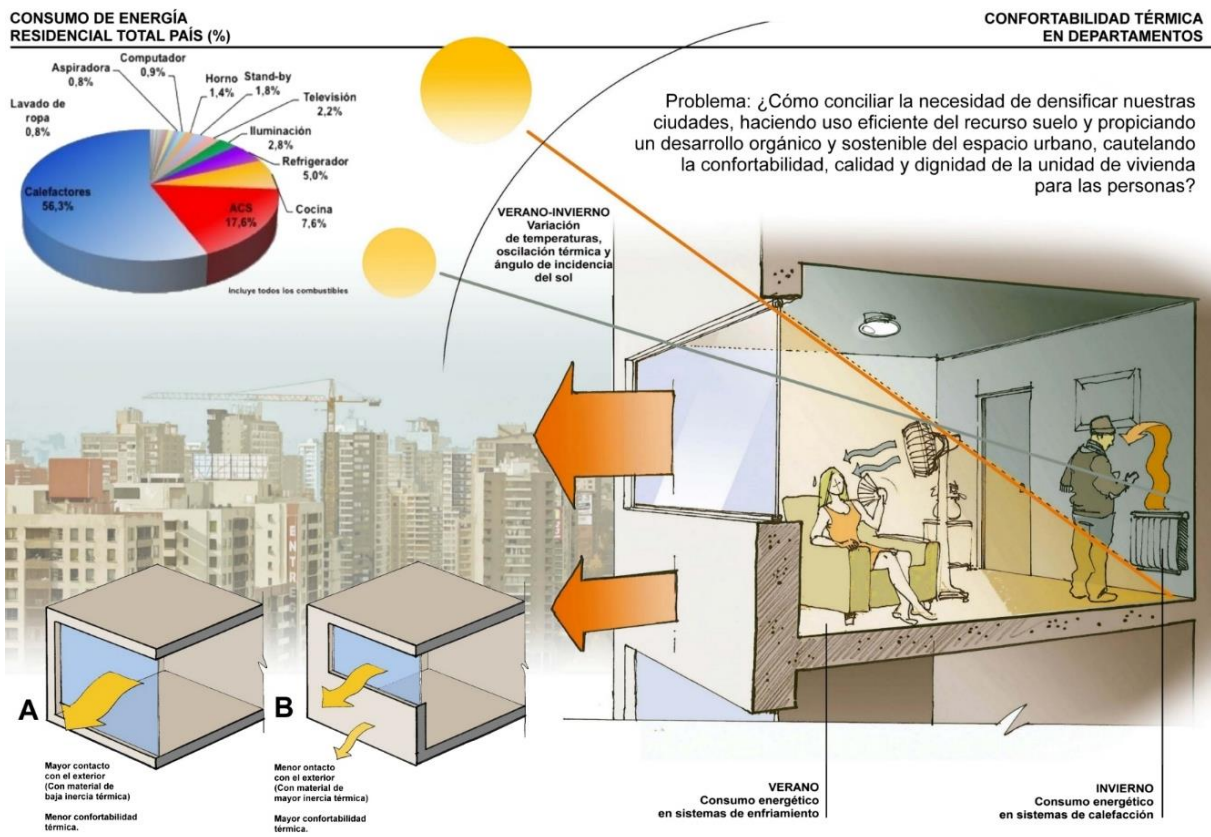


Fig.18 – Infografía que ilustra la deficiente confortabilidad térmica en un departamento. La ineficiencia térmica incide sobre la ineficiencia energética toda vez que el residente debe incurrir en gastos de acondicionamiento, ya sea enfriamiento o calefacción. (fuente imagen: producción propia)

### 2.2.2. Conclusiones preliminares a la problematización

Existe la percepción desde el rubro inmobiliario que los atributos de eficiencia energética asociados a la confortabilidad térmica tienen, en el juicio de su público objetivo, una baja valoración entre las preferencias de mercado, que se acrecienta por una desconfianza a la oferta causada por una deficiencia en la comunicación de tales atributos y asimetrías de información entre la industria y la ciudadanía (Encinas, et Al., 2018). Aunque esta percepción es conductual y procedente de la mediatización de una creciente demanda por transparencia en productos y servicios, la principal barrera para agregación de valor al producto departamento está en la coerción socioeconómica que se conjuga en segmentos de bajos ingresos, alto endeudamiento y dificultades para acceder a la adquisición de un bien inmueble, condición opuesta a la correlación positiva entre mayor ingreso y sustitución de gasto energético por inversión en tecnologías eficientes de acondicionamiento ( Bunster & Noguchi, 2015). Un emprendimiento que se plantee frente a la necesidad de crear valor sobre la base de los datos cuantificables y observables para el usuario directo, sin mediación de especialistas del rubro o de larga participación en su área del mercado, puede contribuir a la resolución de un problema con recursos de bajo costo, hoy ampliamente accesibles desde las tecnologías de plataforma y los múltiples canales de comunicación remota de datos. Algunas iniciativas emergentes o de carácter experimental, como los modelos *blockchain*, aún en exploración de sus capacidades e impactos, compiten por segmentos de público más inquisitivo y ávido de información transparente y fiable.

De lo anteriormente mencionado, la formulación de un modelo conceptual que apunte a resolver estas asimetrías deberá enfrentar los sesgos de un área empresarial robusta y con gran poder coercitivo sobre las iniciativas de innovación, razón por la cual, un pilar estratégico de cualquier propuesta de esta índole ha de contemplar alianzas orientadas a la creación de valor del producto inmobiliario que se basen en la capacidad instalada de las empresas en el área, proporcionando un servicio o herramienta para propiciar prácticas sostenibles y conscientes desde lo social hasta lo energético o financiero.

### **2.3. Pregunta de investigación**

¿Cómo promover la creación de valor en el producto vivienda de departamentos mediante un modelo de evaluación de confortabilidad y eficiencia energética dirigido a residentes y comunidades de edificio, para incrementar la percepción de calidad basada en la confianza y fiabilidad de la información?

### **2.4. Objetivos**

#### **2.4.1. Objetivo general**

Promover la creación de valor para el producto vivienda en altura sobre la base de un modelo integrado de evaluación de rendimiento energético de la envolvente, monitorizado con tecnologías de bajo costo, para salvar la asimetría de información entre quienes proyectan y construyen la vivienda, y quienes adquieren y residen en la vivienda.

#### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Suplir prestaciones de servicios de acondicionamiento externos al diseño de la vivienda y sus espacios mediante un sistema integrado a las prestaciones del producto, y crear valor basado en confianza de la oferta inmobiliaria.
- Desarrollar modelo experimental de Sistema de Control Supervisado de Datos aplicado a rendimiento térmico y consumo energético para evaluar la efectividad de los recursos tecnológicos empleados en el acondicionamiento del espacio.
- Proveer entregables de bajo costo para promover las prestaciones del modelo sobre la base de un prospecto escalable de acopio y análisis de datos, de utilidad para el mercado inmobiliario que debe promover indicadores de calidad en su oferta.
- Valorizar la data como activo del producto-servicio propuesto con miras a desarrollar un modelo de certificación de eficiencia energética para el sector inmobiliario basado en indicadores sensibles y observables para el comprador de inmuebles.

### 3. METODOLOGÍA

---

#### 3.1. Modelamiento del problema y abordaje metodológico

El modelamiento del problema procede mediante la aplicación de técnicas de análisis sistémico de tecnologías y sus modelos de implementación, los cuales sirven a los objetivos parciales del diseño metodológico conducente al prototipado y estudio de campo. De manera deliberada, y en función de los objetivos de este estudio, se descartaron para una etapa inicial aquellas variables de tipo cualitativo o psicométrico en la experiencia de usuarios ya que tienen incidencia directa en diagnosticar el funcionamiento interno de los sistemas tecnológicos. Para etapas posteriores de la implementación de este proyecto, empero, si es requerido poner a prueba el rendimiento de un prototipo preliminar para evaluar la capacidad de respuesta de los usuarios a la presencia de una nueva prestación de control en el entorno doméstico y cotidiano y que ha de ejecutarse bajo otro diseño metodológico con una mayor fiabilidad estadística (como por ejemplo, el modelo de KANO a partir de variables psicométricas precisas sobre atributos ya definidos a partir de un prototipo avanzado)

Las técnicas y métodos utilizados son los siguientes:

Método de las Nueve Ventanas de Altshuller: Su propósito es contrastar los conceptos tecnológicos y de estado del arte en el diagnóstico de los sistemas en estudio bajo las condiciones actuales, determinar los procesos de transferencia e innovación que han precedido las prestaciones vigentes y prospectar, sobre la base de tecnologías emergentes, los desarrollos futuros en el campo. El resultado de este método es un modelo conceptual de sistema en una configuración preliminar y de carácter prospectivo, susceptible de ser desarrollado sobre la base de experimentos técnicos y prototipos.

Método SCAMPER: Su propósito es organizar jerárquicamente las prestaciones conducentes a un modelo de optimización a partir de un diagnóstico inicial basado en las condiciones vigentes del sistema y las acciones de diseño y desarrollos tecnológicos que propenden a la construcción de un modelo mejorado de implementación. El resultado de este método es una ruta de decisiones de diseño para proceder sistemáticamente a la validación de las mejoras propuestas a un entorno tecnológico.

### 3.2. Metodologías de Análisis de Sensibilidad Térmica (*Thermal Sensitivity Analysis*)

El análisis de sensibilidad térmica provee alternativas de modelamiento de transferencias de calor en el espacio según las variables de incidencia en el comportamiento térmico de un espacio. Estos métodos constituyen también un estado del arte en métodos y herramientas estadísticas que de manera complementaria al uso software de diseño arquitectónico, proveen un marco procedimental para el levantamiento de indicadores cuantitativos en el estudio del confort ambiental.

Tabla 4 – Técnicas de evaluación de confortabilidad térmica

MODELO DE DISTRIBUCIÓN	INPUT DE INFORMACIÓN	FUENTES (AUTORES)
<b>Distribución uniforme</b>	Incidencia y control de asoleamiento, transferencia de calor mediante propiedades (presión y densidad) de masa de aire.	Breesch & Janssens (2005)
<b>Distribución normal</b>	Coefficiente de convección y transferencia interna de calor con control de irradiación y ventilación.	Breesch & Janssens (2005)
<b>Distribución discreta</b>	Transmitancia térmica (U) y dimensionamiento de elementos tectónicos.	Chlela et Al (2007)
<b>Distribución triangular</b>	Distribución de incidencia de todos los parámetros (Transmitancia térmica (U) y dimensionamiento de elementos tectónicos).	Aguirre et Al. (2011)

Modelos de distribución térmico (Breesch & Janssens (2005) (Encinas, 2012)

### 3.3. Análisis matriz espacio tiempo (método de las Nueve Ventanas de Altshuller)

El método de las Nueve Ventanas basado en la Teoría de Resolución Inventiva de Problemas (TRIZ) de Genrich Altshuller exige la interpretación de las diversas soluciones tecnológicas para abstraerlas a la esencia misma de su función, que se descompone en combinaciones posibles de parámetros técnicos (o estados del material) y principios de invención (que es el repertorio de operaciones o tareas posibles de ser realizadas para intervenir los estados del material). En su lógica abductiva, provee un método de ideación ágil para trazar alternativas posibles de desarrollo en el diagnóstico de un determinado sistema tecnológico.

Tabla 5 – Análisis matriz nueve ventanas

	PASADO	PRESENTE	FUTURO
	<p><b>6. SUPERSISTEMA</b></p> <p>- Las instalaciones de acondicionamiento no eran universalmente incorporadas al diseño arquitectónico; muchas soluciones de vivienda con fines sociales carecían de estos sistemas, no por ahorro de costos, sino para liberar a los residentes de gastos adicionales de confort, por eso muchos sistemas eran centralizados y se prorrateaban desde la administración del conjunto.</p>	<p><b>3. SUPERSISTEMA</b></p> <p>- Las instalaciones de acondicionamiento forman hoy parte de las exigencias de calidad al producto inmobiliario terminado, y listo para su utilización. Está condicionado por el marco regulador de las normas ambientales, sanitarias y de eficiencia energética del espacio habitable, dispuestas para el diseño y planificación arquitectónica.</p>	<p><b>9. SUPERSISTEMA</b></p> <p>Instalaciones de acondicionamiento deberán cumplir con estándares globales de eficiencia energética (Consumo de energía y uso de ERNC). Los planes actualizados de Energía Distrital asistidos por sistemas SCADA para evaluación de rendimiento en tiempo real se constituirán en un servicio en sí mismo, basado en el dato, prospecto e información como activos de la empresa.</p>
E S P A C I O	<p><b>4. SISTEMA</b></p> <p>- Instalación de acondicionamiento térmico. Permite a la administración o encargados de mantenimiento del edificio controlar los niveles de confortabilidad térmica o ambiental del edificio. En algunos casos, estos sistemas formaban parte del diseño arquitectónico original del edificio, mientras otros debieron acondicionarse para este propósito.</p>	<p><b>1. SISTEMA</b></p> <p>- Instalación de acondicionamiento térmico. Permite al usuario del espacio transformar las condiciones de ambiente a un rango de confortabilidad deseado. En algunos casos, estos sistemas forman parte del diseño arquitectónico original del edificio, mientras otros han debido acondicionarse para este propósito.</p>	<p><b>7. SISTEMA</b></p> <p>- Sistemas de acondicionamiento térmico con una fuerte componente de automatización y personalización a las condiciones del usuario. Muchos de estos sistemas podrían incorporar sistemas de inteligencia artificial para programar el rendimiento de acondicionadores de ambiente al uso inteligente del espacio físico.</p>
	<p><b>5. SUBSISTEMA</b></p> <p>- Dispositivo de acondicionamiento térmico (enfriamiento, calefacción o circulación forzada de aire)</p> <p>- Elementos conductores e intercambiadores térmicos centralizados.</p> <p>- Interfaz de control y/o dispositivo de operación con indicadores métricos menos amigables para el usuario, que requerían frecuente mantenimiento por no existir una evaluación constante de su rendimiento.</p> <p>- Activador, empalme y medidor de suministro de energía de red servicio urbano</p>	<p><b>2. SUBSISTEMA</b></p> <p>- Dispositivo de acondicionamiento térmico (enfriamiento, calefacción o circulación forzada de aire)</p> <p>- Elementos conductores e intercambiadores térmicos</p> <p>- Interfaz de control y/o dispositivo de operación con indicadores métricos amigables para el usuario.</p> <p>- Activador, empalme y medidor de suministro de energía de red servicio urbano (Empresas de energía)</p>	<p><b>8. SUBSISTEMA</b></p> <p>- Dispositivo de acondicionamiento térmico (enfriamiento, calefacción o circulación forzada de aire)</p> <p>- Elementos conductores e intercambiadores térmicos</p> <p>- Activador, empalme y medidor de suministro de energía de red servicio urbano (Empresas de energía)</p> <p>- Interfases intuitivas o embebidas (<i>Embedded</i>) en el ambiente, que no requieren adiestramiento o aprendizaje en su uso, sino que son responsivos a la conducta espontánea del ser humano gracias a tecnologías de captura.</p>
	T I E M P O		

### **i. Análisis prospectivo de espacio**

En la dimensión macro del análisis de espacio, un elemento preponderante es el marco normativo que propende cada vez más a la incorporación de sistemas que funcionan bajo indicadores de eficiencia energética. Eventualmente, muchas empresas que hoy prestan servicios de acondicionamiento aspiran a robustecer su despliegue de prestaciones con miras a proveer una certificación de calidad. Por su parte, las empresas inmobiliarias son el principal segmento objetivo de tales certificaciones que necesitan para promover el valor de su producto ante exigencias de mercado que no sólo ponderan precios, sino también valores de sostenibilidad. Los sistemas de energía distrital, que ya tienen años de implementación en conjuntos habitacionales, podrían también encaminarse a esta condición por cuando los antiguos modelos acusaban un factor crítico en el constante mantenimiento requerido y control centralizado, susceptible al error humano.

### **ii Análisis prospectivo de tiempo**

En la dimensión temporal, ya es posible advertir el tránsito masivo hacia sistemas domóticos automatizados y de inteligencia ambiental (*Smart Environment*). De manera complementaria a lo anterior, es posible que los sistemas automatizados ya no requieran la data como un activador de las decisiones de acondicionamiento, sino que tales acciones provengan del análisis de inteligencia artificial. No obstante, la barrera de costos que supone la adopción masiva de estas tecnologías, en un contexto de problema donde el gasto energético afecta el presupuesto del residente, lo hace menos preponderante a la conceptualización de un servicio personalizado, pero no para las empresas con capacidad instalada y robustez financiera que puedan disponer tales prestaciones para un mejoramiento de la calidad del producto vivienda.

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO FAN COIL**

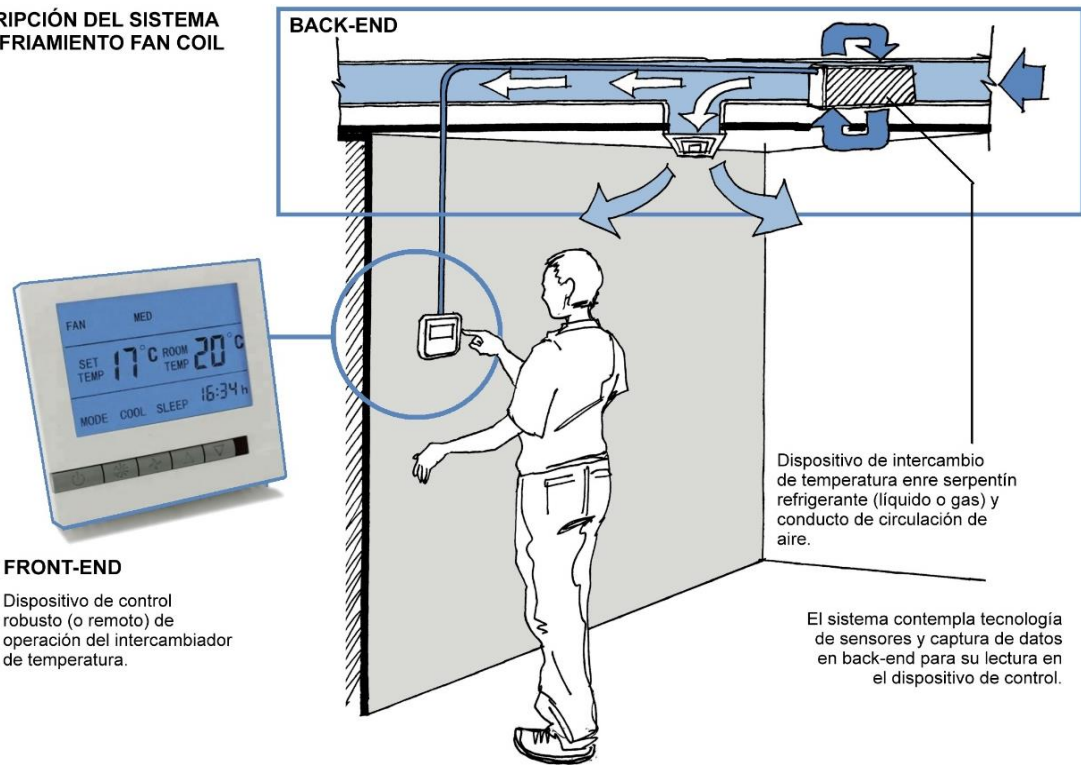


Fig. 19 – Esquema de un sistema acondicionamiento térmico con sus elementos básicos: El intercambiador de calor enlazado a red de suministro de energía, distribuidor de flujo de aire y el dispositivo de control con su respectiva interfaz de usuario. (Fuente imagen: producción propia)

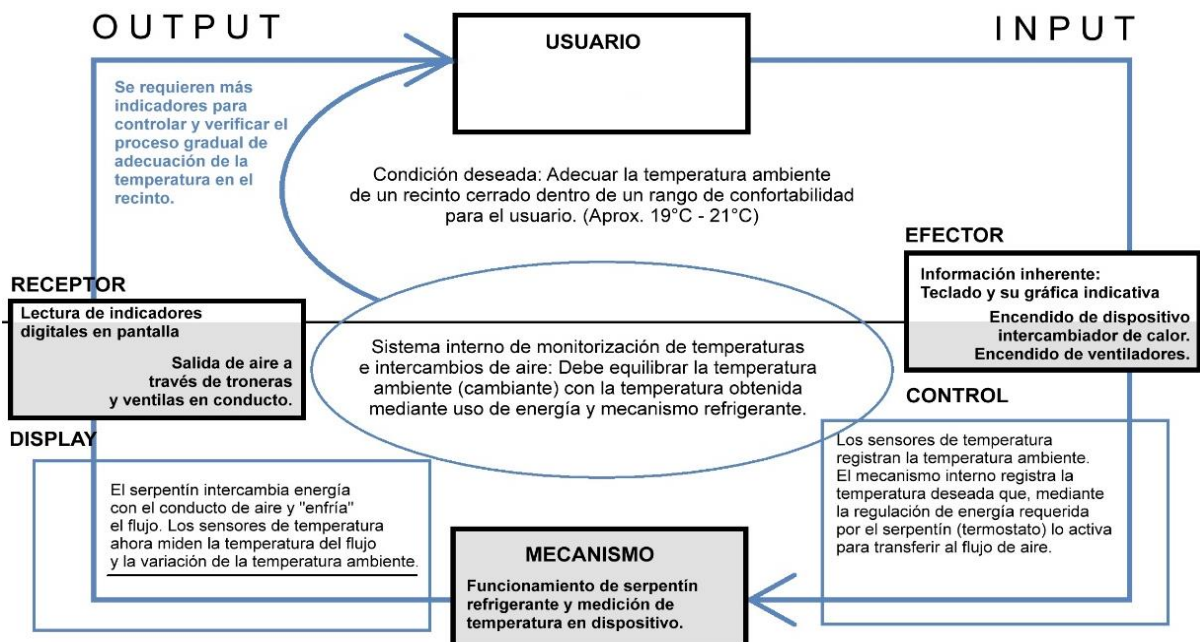


Fig. 20 – Diagrama de interacción de un sistema de acondicionamiento. Se observa un aspecto crítico en el desfase o *delay* entre la activación del intercambiador de calor, y el tiempo que toma al flujo de convección cubrir el volumen de aire que media entre el intercambiador y el usuario. La percepción imprecisa del rendimiento del sistema incide en el gasto energético (fuente: Producción propia)

El diagnóstico rápido que provee el método de análisis de las Nueve Ventanas permite trazar los impactos posibles en la sustitución de prestaciones ya instaladas por tecnologías emergentes, sobre la base de los conceptos técnicos y los casos referenciales del estado del arte (Ver puntos 1.1.4.2. y 1.1.4.3) que aplican al sistema tecnológico, sus componentes y las redes externas o super sistemas que sustentan estas tecnologías integradas al ambiente y el entorno construido. (Cook & Das, 2007)

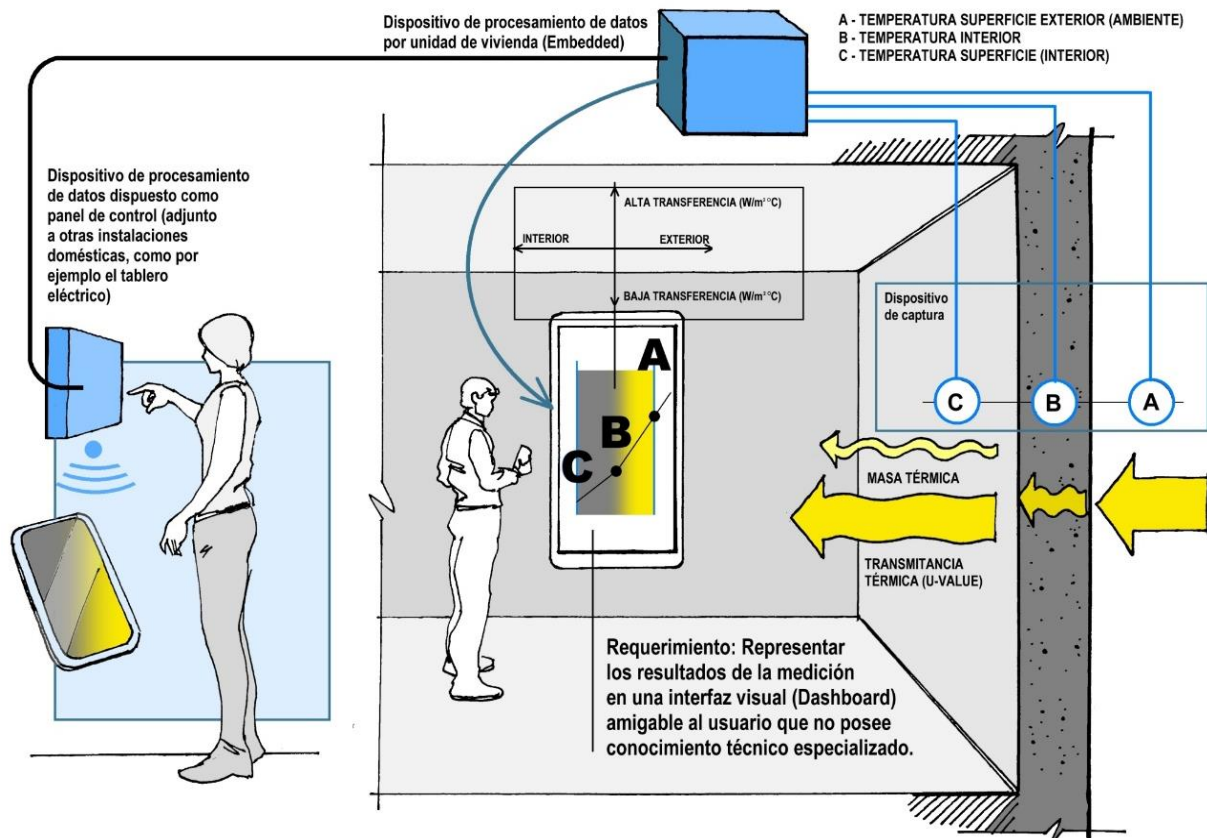


Fig. 21– Diagramas que representan un modelo prospectivo de rendimiento de confort térmico que, a modo de concepto, resuelve los aspectos críticos expresados en las figuras 19 y 20. El sistema muestra indicadores de rendimiento de la envolvente que ayudan a visualizar de manera más gradual el flujo de calor en el espacio y el comportamiento térmico del espacio contenido. (fuente imagen:

Producción propia)

### 3.4. Análisis de entorno tecnológico (método SCAMPER)

Tabla 6 – Resumen de análisis de entorno tecnológico método SCAMPER

<b>S – SUSTITUIR</b>	Necesidad expresa del usuario de operar sistema de acondicionamiento térmico; estudiar tecnologías emergentes de monitorización e inteligencia artificial para la implementación de dispositivos autorregulados que propicien un control más preciso del confort ambiental.
<b>C - COMBINAR</b>	Se requiere combinar el refinamiento técnico de los procesos de producción de elementos tectónicos prefabricados (Hormigón) con tecnología de sensores para la evaluación de rendimiento de la obra terminada.
<b>A - ADAPTAR</b>	Se requiere adaptar los sistemas de control de ambiente a los lineamientos operativos y de diseño de un sistema SCADA de monitorización, para llevar esta prestación del ámbito industrial al ámbito doméstico mediante tecnologías de prototipado bajo costo.
<b>M - MODIFICAR</b>	Se requiere modificar el sistema de medición, ya no de masa de aire al interior de la vivienda, sino de los indicadores de transmitancia, masa e inercia térmica, que existen en el léxico técnico de las especialidades que asisten aplicaciones de construcción, pero son completamente ajenas al usuario y residente del espacio doméstico.
<b>P - PROBAR</b>	Probar nuevas interfases de usuario dirigidas al control autónomo del rendimiento térmico de la envolvente tectónica del edificio (Posiblemente enlazadas a una aplicación)
<b>E - ELIMINAR</b>	Eliminar interfaz operativa mecánica de control susceptible de error u omisión del usuario.
<b>R - REDISEÑAR</b>	Se requiere rediseñar el sistema de medición, captura y ejecutor del sistema de acondicionamiento térmico ambiental hacia un modelo más preciso de medición y de eficiencia energética.

- **Sustituir: ¿Qué elementos del servicio pueden ser reemplazados?**

Los dispositivos de control susceptibles de fallo humano por omisión o uso incorrecto son un factor determinante, esto se complementa con la observación de que los elementos de medición de confort térmico se basan en la lectura de indicadores volumen de aire, y es la percepción, o sensación térmica subjetiva del usuario lo que propicia la operación del sistema de acondicionamiento. Prescindir de tal juicio subjetivo, y rediseñar el *input* de datos basado en métricas objetivas ha de propender a un mejor rendimiento del sistema.

- **Combinar: ¿Qué otros elementos podrían ser integrados al servicio o su sistema?**

Los indicadores de rendimiento de la Norma Chilena NChC853 contemplan su ensayo y certificación en laboratorio de materiales para determinar el estándar de confort del elemento tectónico en obra. Las tecnologías de plataforma *open source*, y el bajo costo de los implementos para el prototipado rápido de modelos IoT son propicios para transferir prestaciones de estos ensayos a la medición in situ y con interfaces de visualización versátiles, una nueva categoría de atributos observables de la envolvente abiertos a la evaluación cualitativa de parte de un usuario no necesariamente instruido en evaluaciones de nivel técnico avanzado.

- **Adaptar: ¿Qué elemento(s) puede(n) incorporarse al servicio o sistema?**

Consecuencia de lo expresado en el punto anterior, la disposición de una interfaz amigable, como *front-end* del sistema de monitorización y control mediante captura de datos permite adaptar un modelo propio del análisis industrial al entorno doméstico. Las tecnologías de plataforma, en su versatilidad, posibilitan medios ubicuos y portátiles de visualización con lo cual el sistema adquiere prestaciones que ponen al alcance del usuario un medio más dinámico para procesar la información obtenida del rendimiento térmico de la envolvente.

- **Modificar: ¿Qué elementos podrían transformarse o cambiar su efecto en el sistema?**

Un aspecto determinante para modificar la respuesta del sistema es cambiar el flujo de datos que ingresan al sistema de acondicionamiento térmico. Desde el análisis basado en datos de sensibilidad térmica (*Thermal Sensitivity Analysis*) y sus metodologías (Ver punto 3.2), se puede operativizar un modelo más avanzado de evaluación de rendimiento para calcular los indicadores desde los elementos tectónicos (Modelos de distribución discreta y triangular), y no ya con la variable obtenida del indicador masa de aire (Distribución normal y uniforme) y obtener un distinto resultado del sistema de respuesta a los datos obtenidos, que eventualmente puede incidir en su rendimiento y eficiencia.

- **Probar: ¿Qué usos alternativos pueden explorarse mediante el sistema?**

Algunos sistemas existentes en el mercado ya proporcionan una interfaz más dinámica para la comunicación de datos a dispositivos móviles y portables. La posibilidad de diversificar

prestaciones de visualización y control de datos constituyen un atributo de fiabilidad para el usuario, pero también pueden proveer datos a subsistemas autónomos incorporados al equipamiento y dispositivos en el *back-end* para el análisis inteligente y consideraciones para el mantenimiento predictivo, que permitiría, por ejemplo, configurar modelos de rendimiento de conjuntos de viviendas para un diagnóstico a mayor escala urbana.

- **Eliminar: ¿Cuáles elementos podrían ser eliminados?**

Aplicando tecnologías de automatización, un sistema de acondicionamiento térmico puede prescindir de aquellos elementos susceptibles al error humano de ingreso de información, digitación de activadores o de simple lectura basada en juicio subjetivo del usuario, disociando aspectos operativos y de usabilidad respecto de las tareas de control de rendimiento, automatizando funciones relativas a la regulación de gasto energético de la vivienda con las respectivas cautelas a la sensibilidad térmica para las personas, dentro de los estándares ergonómicos y reglamentarios de confortabilidad. La implementación de funciones de automatización es una fase que procede una vez que ya se ha probado con efectividad el control de parámetros de seguridad en el sistema.

- **Rediseñar: ¿Qué elementos del sistema pueden ser organizados de una forma distinta?**

De lo declarado en el punto MODIFICAR, la transformación del modelo de levantamiento, registro y visualización de datos propicia una nueva forma de representación de la información, nuevas interfases y dispositivos de captura in situ, configurando un modelo a integrar en obra que confiere valor al producto terminado con nuevos atributos observables de rendimiento.

### **3.5. Modelamiento conceptual de sistema mejorado**

#### **i. Consideraciones al modelamiento conceptual de sistema**

Se busca optimizar el rendimiento de los sistemas de acondicionamiento energético transformando, en primer lugar, los indicadores de rendimiento térmico del espacio, de la envolvente y la manera en que el usuario los percibe, para que pueda tener un diagnóstico en tiempo real de cómo los sistemas automatizados de regulación acondicionan el ambiente. En este caso, la propuesta de valor está en la fiabilidad del dato obtenido mediante tecnología de captura y monitorización de data incorporada a las prestaciones del espacio físico

doméstico. Este concepto, en su desarrollo prospectivo, puede convertirse en una certificación de eficiencia energética de la envolvente respecto del gasto exigido para los estándares de confortabilidad en la vivienda en altura.

## **ii. Hipótesis tecnológica**

La vivienda de alta densidad en altura en Chile, cuya envolvente ha sido edificada en atención a una normativa deficitaria en comparación a estándares internacionales para cautelar el rendimiento de su comportamiento térmico, requiere la incorporación de sistemas adicionales para optimizar sus indicadores de confortabilidad térmica. Estos sistemas, que redundan en un costo adicional a la inversión en un bien inmueble, devienen en un gasto permanente de suministro energético para su funcionamiento toda vez que las oscilaciones de temperatura ambiente inciden en la temperatura interior de la vivienda. Adicionalmente, la información que antecede la instalación, uso y control de rendimiento de tales sistemas se requiere de un sistema de indicadores de rendimiento térmico (volumen de aire, y comportamiento de la envolvente) que resuelva las imprecisiones de información y percepción basada en la mera percepción sensorial de la temperatura mediante una interfaz fiable de visualización de rendimiento, sobre la base de tecnologías de monitorización que minimicen la posibilidad de fallos o errores de lectura.

La implementación de un modelo SCADA de control de datos supervisados es posible para un levantamiento de temperatura uniforme en el volumen atmosférico contenido en la habitación, en función de las coordenadas y los flujos de aire que ha de complementarse con los estándares de rendimiento de la envolvente obtenidos a partir del dimensionamiento de los elementos tectónicos y sus valores de transmitancia y resistencia térmica (Breesch & Janssens, 2005). Respecto de tales valores, el cumplimiento de la norma es sometida a ensayos estipulados en la Norma Chilena NCh853.Of91, (Acondicionamiento térmico, Envolvente térmica de edificios; Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas) que arroja como resultado un atributo observable para el profesional competente que tiene a su cargo la calificación y aprobación de rendimiento térmico del elemento tectónico, pero tal indicador suele ser desconocido por el usuario final del producto en virtud de su utilidad promovida como estrictamente técnica.

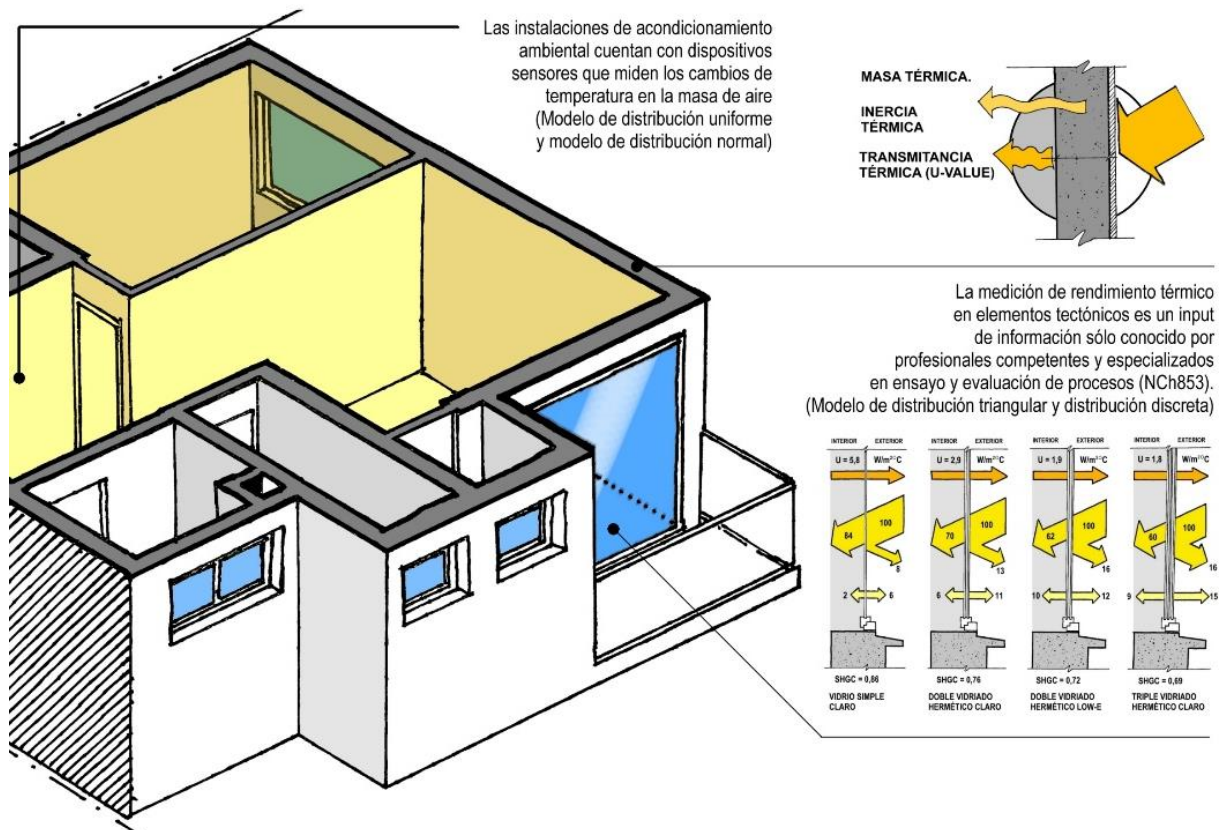


Fig. 22 – Modelo conceptual de hipótesis tecnológica. Aunque existen métodos para la medición *in situ* de la envolvente (Norma internacional ASTM c1155), llevar el modelo a un sistema de evaluación de rendimiento de envolvente tectónica, y no de la temperatura del volumen de aire, mediante tecnologías de computación ubicua que permitan una lectura más amplia del resultado podría conferir valor al producto vivienda desde nuevos atributos observables de calidad para usuarios no instruidos en el saber técnico. (fuente imágenes: Producción propia)

Ahora bien, si los indicadores del espacio, la envolvente o de algunos de los elementos constructivos que la componen que sean determinantes en el resultado de la medición, pudiesen ser representados en una interfaz de lectura más intuitiva para las personas, mediante monitorización en tiempo real y tecnologías mantenimiento predictivo, estos indicadores podrían convertirse en atributos de valor para el producto terminado y propiciar una nueva forma de medición y evaluación de rendimiento térmico de la vivienda en relación al consumo energético de los sistemas de acondicionamiento térmico doméstico.

La relación entre un modelo más efectivo de evaluación de confortabilidad térmica y rendimiento energético de la vivienda supone una primera línea de adopción con fines experimentales, que debe primero validarse en el concierto de las disciplinas comparecientes en el diseño de sistemas de monitorización, amén de sus protocolos y procedimientos de

laboratorio para tales efectos. No obstante, la posibilidad de crear valor mediante atributos no visibles del producto vivienda, traídos a presencia gracias a las tecnologías de computación ubicua, plataformas de libre acceso y medios de información en línea de bajo costo, supone una oportunidad significativa para abordar el problema de la confortabilidad térmica y calidad de vida en los departamentos del futuro.

### iii. Conceptualización

Modelamiento de la hipótesis tecnológica y estrategia de implementación:

**¿UNA NUEVA MANERA DE MEDIR LOS INDICADORES DE CONFORT AMBIENTAL, PODRÍA TENER UN EFECTO POSITIVO EN EL AHORRO DE ENERGÍA DE ACONDICIONAMIENTO?**

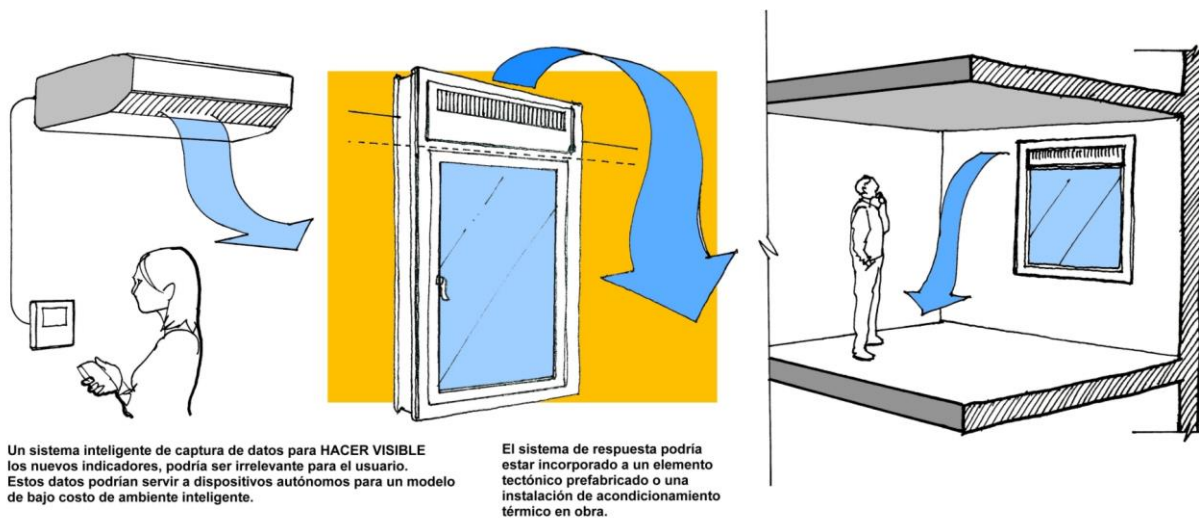


Fig. 23– Modelamiento conceptual de la hipótesis tecnológica (A): hacer visible los indicadores de rendimiento térmico del volumen de aire en la habitación con relación a los consumos energéticos adicionales de acondicionamiento mediante un modelo de Control Supervisado de Datos SCADA.

(fuente imagen: Producción propia)

El modelo conceptual A busca contrastar un indicador de rendimiento térmico de la habitación con relación al gasto energético de acondicionamiento. Por tener un menor número de variables de control (que un modelo que supondría además la monitorización de otros indicadores de la envolvente) es susceptible de ser implementado de manera inicial para desplegar el sistema de monitorización en laboratorio (Ver tabla 3; Arquitectura de un laboratorio SCADA de evaluación de eficiencia energética) que en lo sucesivo puede integrar otras mediciones sobre la base de una capacidad técnica instalada.

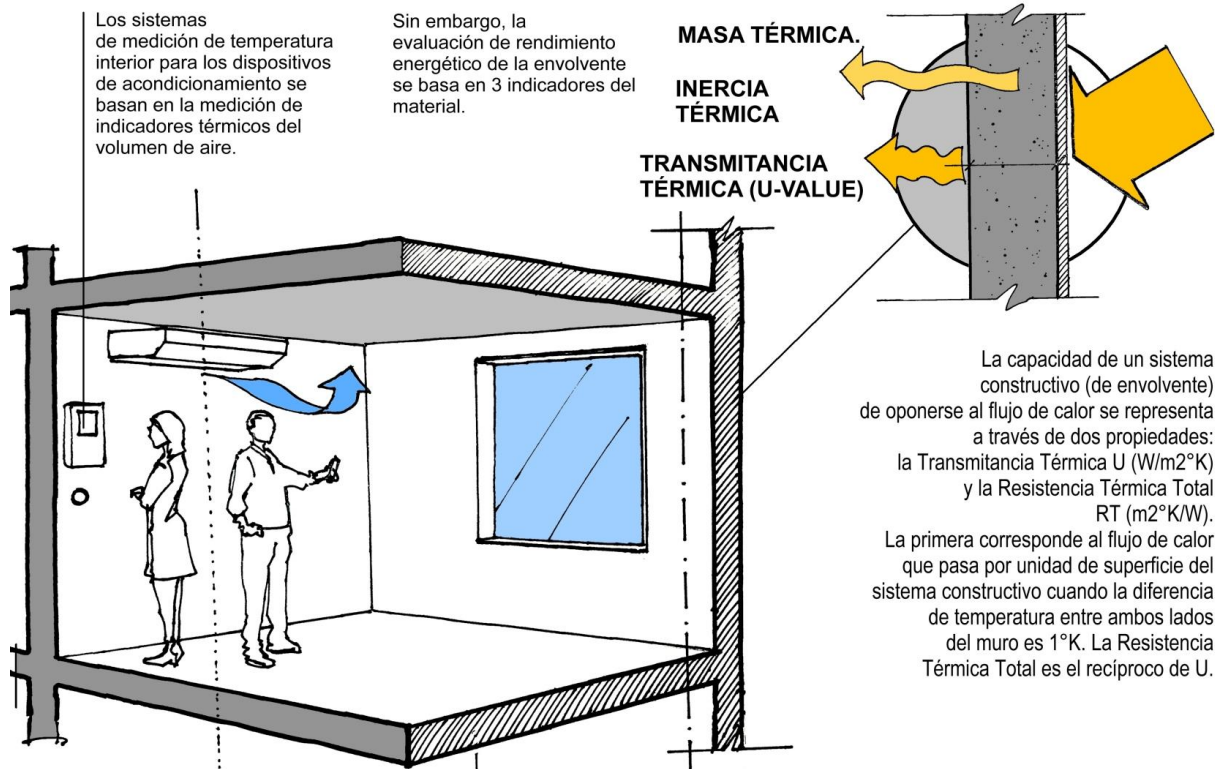


Fig. 24 – Modelamiento conceptual de la hipótesis tecnológica (B) La posibilidad de empaquetamiento de nuevas prestaciones surgidas como resultado del estudio pueden convertirse en aplicaciones incorporadas a la vivienda ya desde la obra gruesa y agregar valor a la misma desde sus prestaciones dirigidas al usuario. (fuente imágenes: Producción propia)

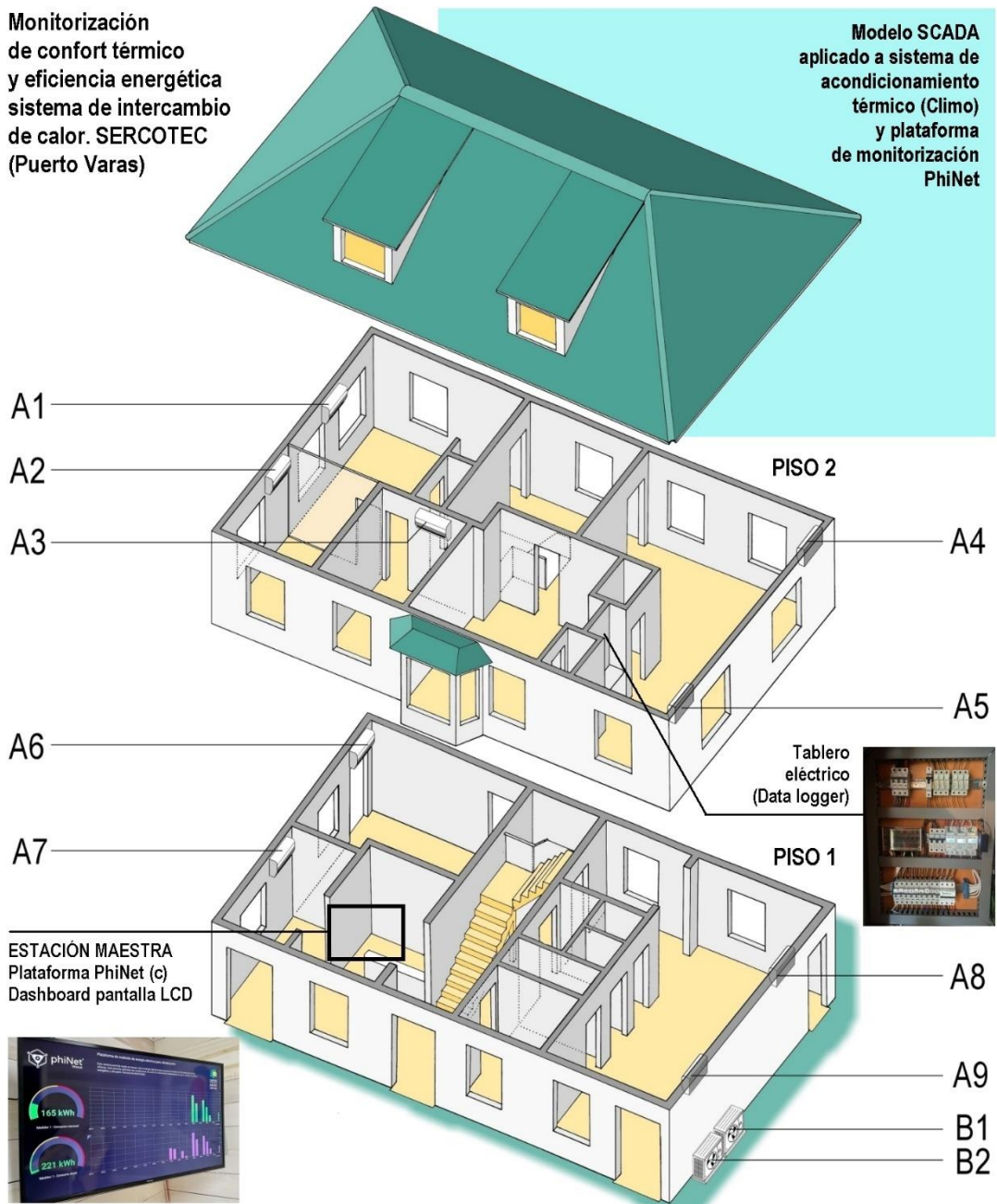
### 3.6. Diseño de experimento

#### i. Consideraciones iniciales a la muestra:

Inicialmente ideada para ser realizada en un departamento, circunstancias ajenas a la planificación de este estudio alteraron los procesos en curso, y se optó por dependencias con capacidad instalada de equipamiento y monitorización. Eduardo Soto S., CEO y fundador de la empresa de ingeniería eléctrica y fotovoltaica Phineal SpA., acogió la propuesta de suscribir el presente estudio, con lo cual el experimento se realizó en sus instalaciones de la sede de negocios Sercotec de la ciudad de Puerto Varas. Si bien las condiciones materiales de la edificación donde se efectuó la experiencia difieren de los atributos constructivos de una vivienda en departamentos, la experiencia tuvo por objetivo testear la comunicación y reporte de datos obtenidos del modelo de arquitectura SCADA aplicado al edificio y nueve habitaciones, cada una de ellas con una unidad interior de intercambio de calor Daitsu, modelo ASD12UI-DN y un sensor de temperatura y humedad Sonoff Am2301

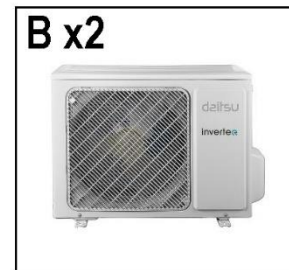
Monitorización de confort térmico y eficiencia energética sistema de intercambio de calor. SERCOTEC (Puerto Varas)

Modelo SCADA aplicado a sistema de acondicionamiento térmico (Clima) y plataforma de monitorización PhiNet



Unidad interior  
Daitsu ASD12UI-DN

Sensores Sonoff Am2301  
Temperatura y humedad



Unidad exterior  
Daitsu AOD 28 UIF-EE

Fig. 25 – Infografía de plataforma de medición de energía eléctrica para climatización

## ii. Implementación

La estación maestra, de manera preliminar, se implementó a partir del modelo de plataforma phiNet© de propiedad de la empresa enlazada a una red remota local, y una interfaz gráfica (*dashboard*) de rendimiento de temperatura y humedad con relación al gasto energético de un sistema de intercambio de calor con tecnología *Split Inverter*. Las nueve unidades interiores están conectadas a dos unidades de exterior (extractores). Se desarrolló el modelamiento del sistema y la instalación de dispositivos sensores de temperatura humedad junto a los intercambiadores de calor y enlazados a la plataforma para reportar los indicadores térmicos del espacio bajo el efecto de la ventilación natural y del acondicionamiento por el sistema de intercambio de calor.

El equipamiento se compone de los siguientes dispositivos:

1. Sensores Sonoff Am2301 de monitorización de temperatura y humedad
2. Unidad interior Daitsu ASD12UI-DN. 2752Kcal/h (enfriamiento (fg)). CE A++/A+ (\*)
3. Unidad exterior Daitsu AOD28 UiF-EE. 8.822Kcal/h (enfriamiento (fg)) 8.822kcal/h (calor). CE A++/A+
5. Plataforma phiNet ©
4. Monitor LCD

---

(\*) CE (Clase Energética)

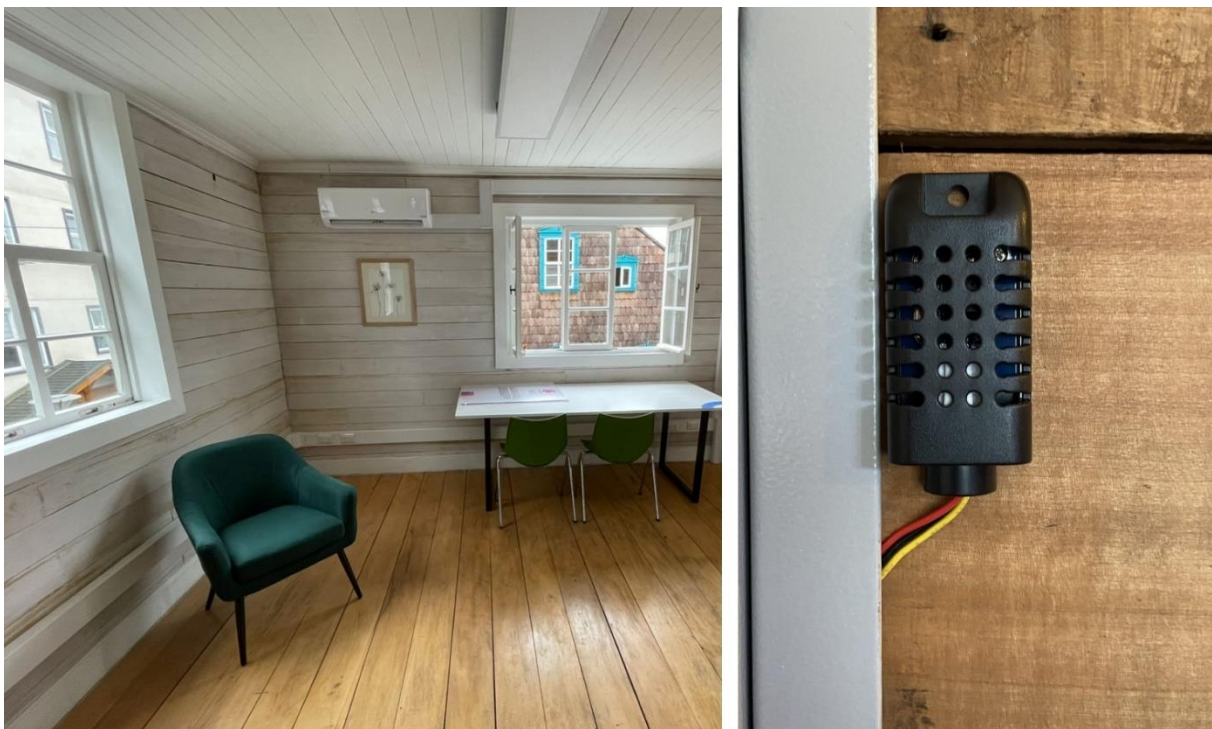


Fig. 26 – Unidad interior de acondicionamiento y sensor de temperatura y humedad

### 3.7. Observaciones a la experiencia inicial

La comunicación efectiva de datos a la unidad de monitorización permite la recepción de señal en el *dashboard* de la estación maestra, en un histograma de variable continua (mes/día/hora) que indica las oscilaciones de temperatura y humedad relativa al interior del recinto, que es la información estimada como relevante para la percepción del público no especializado. La lectura comparativa de frecuencia (como también se hace en gráficos tipo *marimekko chart*) propende a una relación más directa del valor de ambos indicadores.



Fig. 27 – Histograma en interfaz visual de la Estación Maestra de monitorización

Esta lectura, empero, encierra también el cálculo de la incidencia del sistema de enfriamiento del sistema intercambiador de calor. El principio de histéresis térmica, en que reside el atributo de ahorro energético promovido por la empresa a cargo de su instalación, mantiene el ajuste regulatorio del sistema automatizado en un rango diferencial de 1°C, y cuya solicitud energética es proporcional a la oscilación térmica en intervalos de tiempo e inercia térmica del volumen de aire de menor amplitud; este efecto queda tácitamente contenido en la representación gráfica del rendimiento y en esta primera experiencia, no permite visualizar de manera clara y simple, por ejemplo, en qué momento el gasto energético es eventualmente innecesario respecto de la temperatura interior alcanzada en el volumen de aire.

502593	13327243,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.261544",1631123737,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'kWh_T']",763.2	
502594	13327244,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.598762",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'kWh_Import']",763.2	
502595	13327245,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.601397",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'kWh_Export']",0.0	
502596	13327246,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.602302",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'P']",1736.0	
502597	13327247,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.604230",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'Q']",501.0	
502598	13327248,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.605141",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'Amp']",7.72	
502599	13327249,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.606037",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'Volt']",234.60	
502600	13327250,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.607929",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'Frec']",50.06	
502601	13327251,sercotec,"2021-09-08 17:55:37.608789",1631123738,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M1', 'Baud']",0	
502602	13327258,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.424591",1631123740,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'kWh_T']",481.1	
502603	13327259,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.668501",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'kWh_Import']",481.1	
502604	13327260,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.671473",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'kWh_Export']",0.0	
502605	13327261,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.673600",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'P']",2179.0	
502606	13327262,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.674550",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'Q']",552.0	
502607	13327263,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.676517",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'Amp']",9.56	
502608	13327264,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.677524",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'Volt']",235.60	
502609	13327265,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.678431",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'Frec']",50.05	
502610	13327266,sercotec,"2021-09-08 17:55:40.680372",1631123741,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M2', 'Baud']",0	
502611	13327267,sercotec,"2021-09-08 17:55:43.591755",1631123744,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M3', 'kWh_T']",548.2	
502612	13327268,sercotec,"2021-09-08 17:55:43.844128",1631123744,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M3', 'kWh_Import']",548.2	
502613	13327269,sercotec,"2021-09-08 17:55:43.846878",1631123744,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M3', 'kWh_Export']",0.0	
502614	13327270,sercotec,"2021-09-08 17:55:43.849238",1631123744,"['sercotec', 'DDS238_2', 'M3', 'P']",1787.0	

Fig. 28 – Captura de datos de la plataforma estructurados en CSV. La carga útil (*payload*) en la última coma expresa los rendimientos energéticos del sistema.

Aunque la incidencia del modelo automatizado de consumo eficiente del sistema de acondicionamiento sobre la lectura arrojada por el histograma podría ser marginal en la gráfica de una prueba tan localizada, un sistema similar de monitorización compartido por múltiples unidades de vivienda con diversas solicitudes energéticas, amén de su distribución respecto a la irradiación solar durante el día, podría acusar un indicador más sensible de gasto energético de la unidad edificio con lo cual podría prorratearse el excedente energético del consumo comunitario. Aunque esto, en primera instancia, podría ya asignarle

un valor a la eficiencia (o ineficiencia) del diseño para el confort térmico de un edificio, requiere de otros indicadores para contrastar el diagnóstico factual de la unidad en sus características arquitectónicas, donde se ponderan las variables estándar de comportamiento del material y los componentes de edificación (Transmitancia y resistencia térmica) en función de sus dimensiones a modo de un coeficiente que pondere la lectura de indicadores en esa unidad de vivienda con respecto del total del registro, toda vez que en su condición morfológica y de disposición, los efectos serían distintos en cada caso y no sería aplicable un diagnóstico para la unidad en sí misma que tenga un impacto significativo en la percepción de las personas.

Otro aspecto observado en campo, durante una visita a las instalaciones del laboratorio el jueves 7 de octubre de 2021, es que ese día la ciudad de Puerto Varas registró una temperatura máxima de 13°C, estimada como confortable dentro de los estándares habituales de la zona y que propicia una temperatura ambiente de interior más cercana al estándar de confort (entre 19°C y 20°C). Los ocupantes del laboratorio encendieron de todas formas el sistema de calefacción, lo cual supone una alteración deliberada al balance térmico en aras de sobrepasar el umbral de confortabilidad («Las personas suben la temperatura para poder andar con manga corta dentro de la sala») y que podría ser uno de los atributos cualitativos a sondear mediante un levantamiento psicométrico y de conducta.

### 3.8. Síntesis metodológica del proyecto

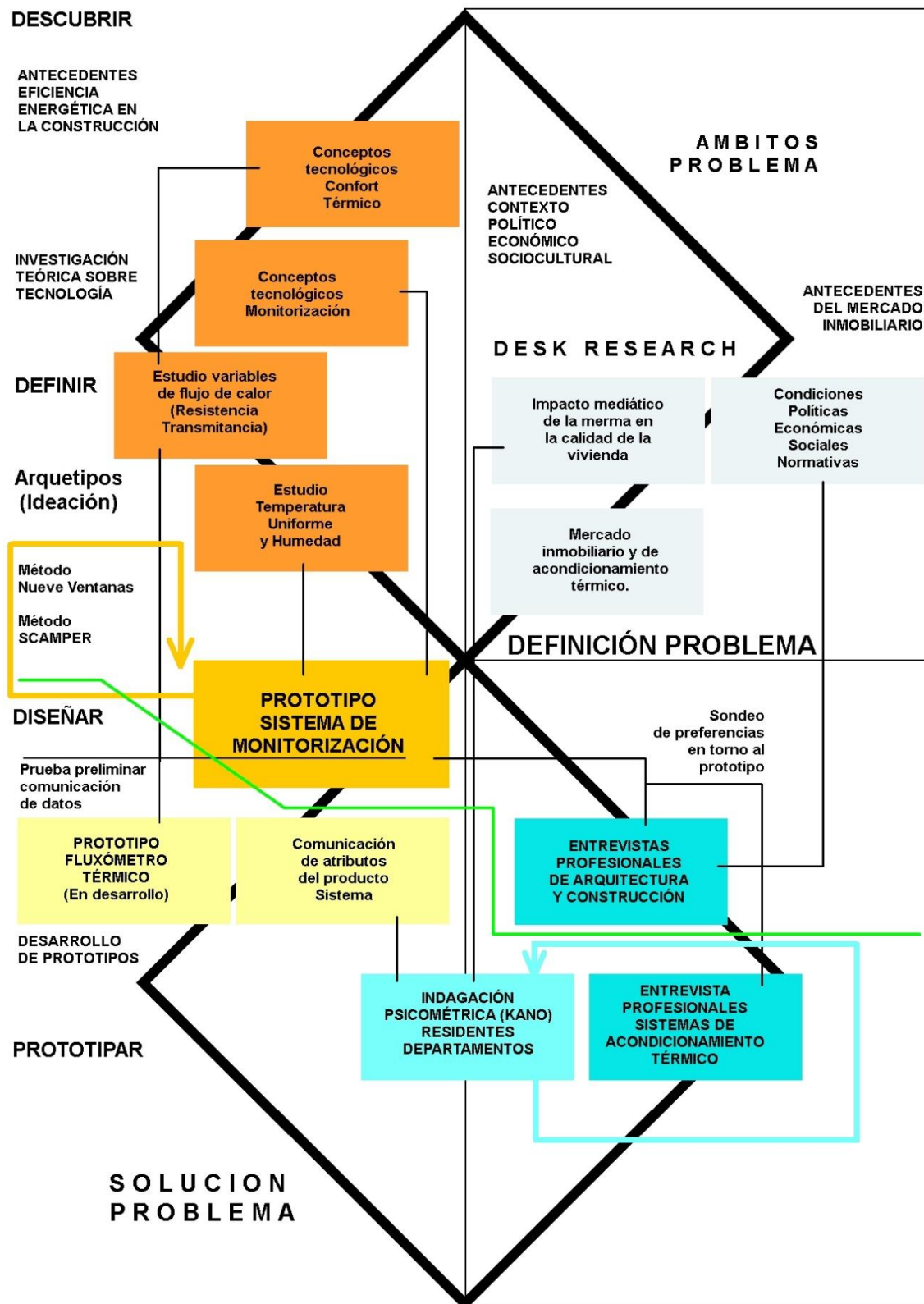


Fig. 29 – Síntesis metodológica (Esquema Doble diamante)

## 4. ESTUDIO DEL MERCADO

---

### 4.1. Identificación de actores estratégicos e involucrados

Consideraciones: El estudio de las condiciones del mercado constituye una de las tareas iniciales y preliminares del presente estudio, y por ello la información presentada en estos análisis procede de indicadores de la segunda mitad del año 2020 y eventualmente, podrían acusar rasgos de extemporaneidad al contrastar con los sensibles efectos de la crisis económica y humana que ha provocado la pandemia global. Sin embargo, es menester rescatar el valor de observación de un contexto bajo condiciones de mayor regularidad, menos afectado por contingencias y anomalías que pudieran arrojar una distorsión significativa de su prospecto. Los presentes datos esbozan la previsualización de un escenario tendiente a la recuperación de procesos normales que es a lo que aspira la sociedad chilena para los próximos años. La posibilidad de un escenario adverso, de prolongación de la incertidumbre y crisis haría requerido un ajuste de sensibilidad respecto de la muestra y también en atención a otros fenómenos del futuro próximo, como la posibilidad que una nueva carta fundamental transforme radicalmente la producción de la vivienda en Chile, las regulaciones urbanísticas y de construcción y las dinámicas del mercado inmobiliario y los servicios de suministros y equipamientos urbanos.

Bajo la condición declarada, la presente hipótesis de mercado tiene por objetivo validar tópicos esbozados en el marco contextual (Político, económico, social) que sirve de antecedente a la problemática estudiada, sobre el supuesto de responsabilidad e incumbencia de los actores estratégicos en la producción inmobiliaria y servicios de acondicionamiento. Los indicadores de calidad de vida de usuario a partir de atributos morfológicos del producto vivienda establece un prisma a través del cual se modela los intereses a concitar para el despliegue de una propuesta de valor efectiva y escalable.

Tabla 7 – Análisis preliminar de actores involucrados

<b>ACTORES INVOLUCRADOS</b>	<b>RELACIÓN CON EL PRODUCTO</b>	<b>INCIDENCIA DEL PROBLEMA</b>	<b>INTERÉS EN CONCEPTO SOLUCIÓN.</b>
<b>Propietarios de los departamentos</b>	Adquiere el producto inmobiliario como una inversión de largo aliento (se significa como un proyecto de vida)	Su gasto de inversión se incrementa por los gastos de acondicionamiento para un mejor rendimiento.	Reducir costos de acondicionamiento de un bien propio.

*Continúa página 65*

*Continuación tabla 7*

<b>ACTORES INVOLUCRADOS</b>	<b>RELACIÓN CON EL PRODUCTO</b>	<b>INCIDENCIA DEL PROBLEMA</b>	<b>INTERÉS EN CONCEPTO SOLUCIÓN.</b>
<b>Residentes de los departamentos</b>	Arrienda el departamento sin ser propietario.	Debe incurrir en gastos periódicos de energía conforme la incidencia del tiempo y clima lo hacen requerido.	Reducir gastos mensuales de acondicionamiento de confort térmico (ahorro de energía)
<b>Corredores de propiedades</b>	Promueven la comercialización del producto.	Percepción de la calidad del producto en oferta.	Atributos de calidad demostrables del producto en oferta.
<b>Empresas inmobiliarias</b>	Rubro que ha asumido casi en su totalidad (participación mínima del Estado) el servicio de la producción de vivienda.	Requieren cumplir estándares de calidad y eficiencia energética exigido por las normas vigentes.	Atributos de calidad demostrables del producto en oferta y nuevas estrategias de diseño y producción de vivienda.
<b>Empresas constructoras</b>	Rubro que participa de la producción de vivienda asociadas a empresas inmobiliarias y de arquitectura.	Requieren cumplir estándares de calidad y eficiencia energética exigido por las normas vigentes.	Mejorar competitividad por calidad del producto terminado (vivienda).
<b>Empresas de productos de base tecnológica para la construcción</b>	Empresas especializadas en tecnologías, materiales y procesos de construcción cuyas prestaciones son determinantes en la calidad del producto vivienda.	Requieren cumplir estándares de calidad y eficiencia energética exigido por las normas vigentes y certificaciones exigidas al impacto ambiental	Mejorar competitividad por calidad y eficiencia de procesos.
<b>Empresas de servicios de instalaciones y acondicionamiento ambiental</b>	Empresas especializadas de servicios y procesos de construcción para el acondicionamiento ambiental, cuyas prestaciones son determinantes en la calidad del producto vivienda.	Requieren cumplir estándares de calidad y eficiencia energética exigido por las normas vigentes y certificaciones exigidas al impacto ambiental	Mejorar competitividad por calidad y eficiencia de procesos.

#### **4.2. Análisis del mercado**

Conforme al primer criterio de selección de muestra, declarado en el mapa conceptual (ver fig. 17) Se realizó un muestreo comparativo a partir de la oferta inmobiliaria en una zona de alto crecimiento urbano, y en productos dirigidos a un GSE medio-bajo que puede acceder a viviendas de menor tamaño, pero no por ello desprovistas de atributos de confortabilidad. La

comuna seleccionada fue Estación central, y se realizó un pequeño levantamiento atributos observables de diseño del producto departamento desde el sitio en línea de Portal Inmobiliario<sup>13</sup>, como representativo del mercado actual de vivienda en altura. Para efectos de este estudio, sólo se consideraron las unidades habitacionales orientadas hacia el norte para discriminar la variable relacionada al asoleamiento. De igual forma, se discriminó la variable relacionada a ubicación urbana, por cuanto no es relevante en términos del diseño interior de la vivienda. A saber, los datos observados fueron los siguientes:

- i. Rango de precio (segmentos mínimos definidos por motor de búsqueda en sitio en línea de oferta inmobiliaria) en Unidades de Fomento (UF)
- ii. Superficie total (m<sup>2</sup>)
- iii. Superficie útil (m<sup>2</sup>)
- iv. Número de dormitorios
- v. Porcentaje del perímetro (lineal) de la planta de la unidad habitación en contacto con el exterior (%)
- vi. Porcentaje del perímetro (lineal) de la planta de la unidad habitación con rasgos (ventanas) (%)



Fig. 30 – Variables dimensionales en la unidad vivienda según muestra aleatoria de departamentos en oferta. El cociente AE/AV es un rango de relación estimada entre el perímetro total y el perímetro que presenta rasgos (ventanas) al exterior (fuente imagen: Portal inmobiliario)

<sup>13</sup>[https://www.portalinmobiliario.com/venta/departamento/proyectos/estacion-central-metropolitana/\\_PriceRange\\_1500CLF-2000CLF](https://www.portalinmobiliario.com/venta/departamento/proyectos/estacion-central-metropolitana/_PriceRange_1500CLF-2000CLF)

Tabla 8 - Departamentos estación central - orientación norte ordenados por precio ascendente

	Precio (UF)	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Superficie útil (m <sup>2</sup> )	N° Dormitorios	Área exposición exterior % (*)	Área vanos y rasgos % (*)
1	X > 1.699	68.34	65.14	3	53.7	31.6
2	X > 1.860	45.00	42.43	2	29.6	21.2
3	X > 1.860	49.88	47.69	2	56.2	25.7
4	X > 1.940	33.51	30.65	1	28.0	25.8
5	X > 1.940	52.89	51.47	2	68.2	26.9
6	X > 1.845	63.55	59.89	3	46.2	18.4
7	X > 1.717	27.90	26.65	1	25.6	23.7
8	X > 1.717	41.74	39.13	2	48.8	28.1
9	X > 1.785	29.58	27.66	1	24.1	22.3
10	X > 1.785	41.46	39.46	2	27.8	26.7

(\*) Porcentaje respecto al total del perímetro de la unidad habitacional.

Tabla 9 – Relación entre porcentuales de área total de exposición al exterior y área de rasgos

	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Superficie útil (m <sup>2</sup> )	N° Dormitorios	Área exposición exterior % (*)	Área vanos y rasgos % (*)	Relación AE/AV
1	68.34	65.14	3	53.7	31.6	<b>1.69</b>
2	45.00	42.43	2	29.6	21.2	<b>1.39</b>
3	49.88	47.69	2	56.2	25.7	<b>2.18</b>
4	33.51	30.65	1	28.0	25.8	<b>1.08</b>
5	52.89	51.47	2	68.2	26.9	<b>2.53</b>
6	63.55	59.89	3	46.2	18.4	<b>2.51</b>
7	27.90	26.65	1	25.6	23.7	<b>1.08</b>

Continúa en página 68

Continuación tabla 9

8	41.74	39.13	2	48.8	28.1	1.73
9	29.58	27.66	1	24.1	22.3	1.08
10	41.46	39.46	2	27.8	26.7	1.04

(\*) Porcentaje respecto al total del perímetro de la unidad habitacional.

La muestra expresada en las tablas 3 y 4 constituye un ejercicio preliminar de validación sobre los aspectos observables del problema, amén de lo ya declarado en el punto 1.2 respecto a los antecedentes y sus proyecciones. En este ámbito, y llevando la observación de caso sensible al prospecto de desarrollo urbano de la Región Metropolitana, los indicadores ilustran que, en efecto, las comunas que registran la mayor oferta de unidades de departamentos son Ñuñoa, Santiago Centro y Estación Central, siendo las comunas de Ñuñoa y Estación Central las que aumentan significativamente respecto del promedio histórico, a diferencia de Santiago Centro que presenta un déficit respecto del promedio histórico producto de la creciente gentrificación y ocupación de inmuebles en la comuna. No obstante, la tendencia general de la oferta de departamentos es creciente, aún pese a un brusco descenso respecto de la medición de oferta del último trimestre de 2015. (Fuente: Cámara Chilena de La Construcción)

MERCADO DE DEPARTAMENTOS						
Comuna	Septiembre 2019		Septiembre 2018		Promedio histórico	
	Oferta	Meses	Oferta	Meses	Oferta	Meses
Ñuñoa / La Reina	6.693	21	6.395	23	4.868	27
Providencia	1.164	29	1.172	19	1.119	20
Las Condes	1.656	14	1.680	15	2.163	18
Lo Barnechea	1.410	43	1.399	38	797	32
Vitacura	1.680	35	880	27	945	24
Macul	3.036	32	2.737	25	1.910	35
Santiago Centro	6.120	24	5.813	22	9.310	21
San Miguel	2.570	19	4.729	14	3.264	21
La Cisterna / Puente Alto / La Granja	2.774	20	2.839	18	1.454	22
Independencia	1.028	4	1.624	85	1.965	30
Huechuraba / Recoleta / Conchalí / Renca	2.552	12	1.518	48	1.075	30
La Florida / San Joaquín / Peñalolén	4.146	16	3.548	20	2.773	22
Estación Central	5.041	58	8.460	25	4.764	36
Quinta Normal / Maipú / Cerrillos / Pudahuel	1.900	19	2.455	25	2.128	22

Fuente CChC

Figura 31 - Oferta de departamentos en la Región Metropolitana, comparación anual de registros (septiembre 2019). (Fuente: Cámara Chilena de La Construcción)<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Cámara Chilena de la Construcción. Informe Trimestral: Actividad del sector inmobiliario del gran santiago septiembre 2019 | número 31 – Fecha de emisión: 8 de junio de 2020.

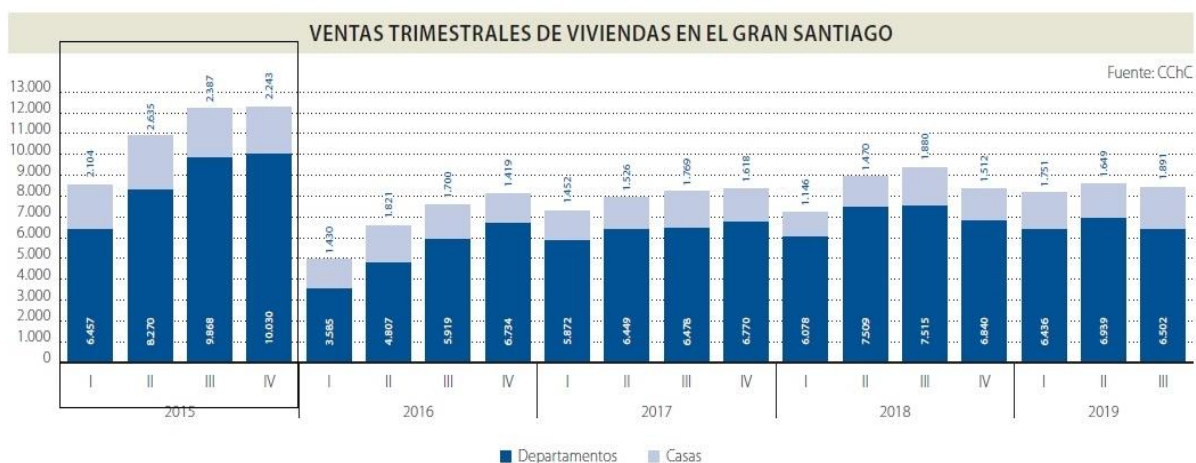


Fig. 32 – Gráfico comparativo de ventas totales trimestrales de casas y departamentos en la Región Metropolitana. El período del último trimestre de 2015 acusa una brusca caída de las ventas respecto al período consecutivo, aunque, la tendencia de alza es sostenida desde el primer trimestre de 2016 hasta la fecha del último registro (Fuente: Cámara Chilena de La Construcción)<sup>15</sup>

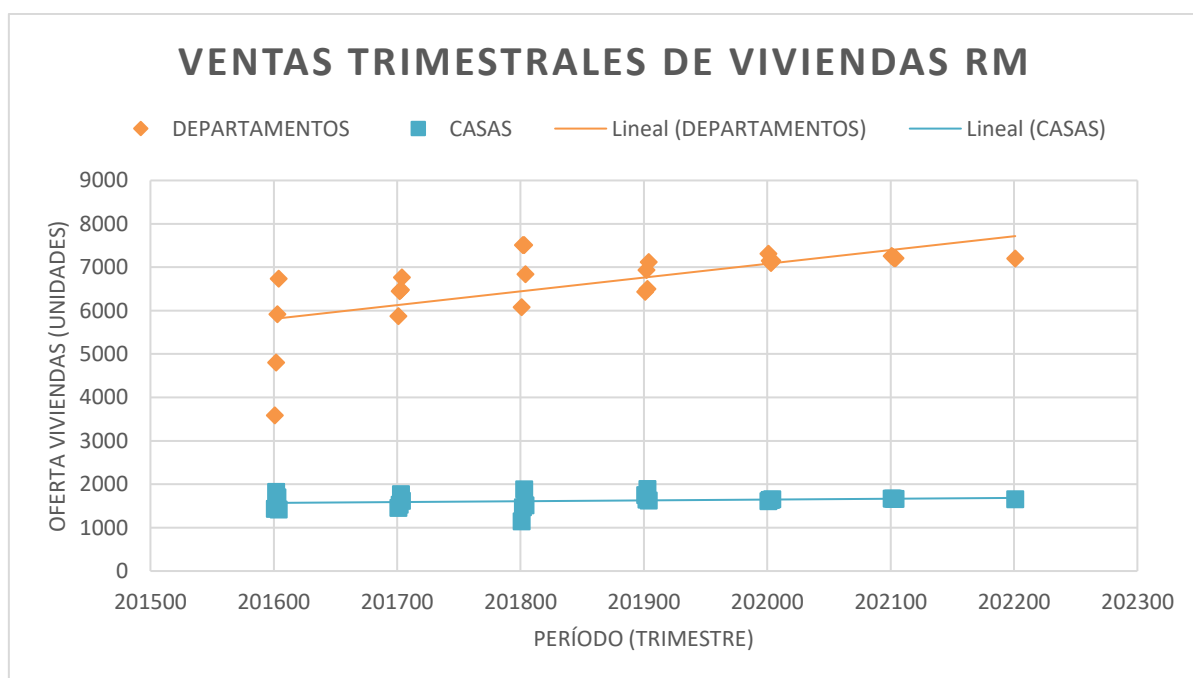


Fig. 33 – Gráfico de tendencia de la venta comparativa de departamentos y casas en Santiago. El mercado de la vivienda unitaria acusa incremento marginal respecto del incremento sostenido de venta departamentos (Fuente: Producción propia, basada en informe trimestral CChC, actualizado junio 2019)

<sup>15</sup> Cámara Chilena de la Construcción. Informe Trimestral: Actividad del sector inmobiliario del gran Santiago, septiembre 2019 | número 31 – Fecha de emisión: 8 de junio de 2020.

Considerando los aspectos cualitativos de superficie y calidad de la vivienda, en adición al gasto de instalar sistemas o requerir servicios de acondicionamiento ambiental, se puede inferir que este gasto será proporcional al aumento de ventas de departamentos que carecen de los medios pasivos para controlar el rendimiento térmico al interior del espacio doméstico. Una instalación domiciliaria de climatización tiene precios de mercado que oscilan entre los \$400.000 y \$500.000 (CLP), lo cual supone un costo agregado al proceso de inversión que implica adquirir un departamento para su venta, endosando tales gastos al valor de arriendo donde sea el caso. Otro objetivo de la presente investigación, por lo tanto, es determinar la incidencia efectiva y cuantificable del costo de acondicionamiento respecto del valor del producto vivienda.

#### **4.3. Criterio de segmentación**

El estudio inicial de casos (Tablas 8 y 9) muestra un criterio de sensibilidad respecto a la manera en que el mercado inmobiliario provee una oferta de vivienda que, desde sus atributos morfológicos, acusa las diferencias de segmentación por precio, poder adquisitivo y disposición a la confortabilidad por su ubicación respecto a la planta del edificio y sus externalidades térmico-ambientales.

Según los resultados del estudio de Usos de la energía en los hogares de Chile 2018<sup>16</sup>, realizado por el Ministerio de energía en colaboración con la Asociación de Empresas Eléctricas AG, Asociación de Empresas de Gas Licuado (GLP) y la Asociación de Empresas de Gas Natural (AGN), tanto la calefacción como la climatización –acondicionamientos de enfriamiento y ventilación – un 53% del gasto energético del país se utiliza en confort térmico. No obstante, los sistemas de acondicionamiento de aire suponen una necesidad menos cubierta que los sistemas de calefacción, que son más versátiles respecto de la fuente energética requerida (Electricidad, combustible, biomasa, etc.) y alcanza sólo el 3,1% del total nacional de viviendas, siendo los GSE C1 y C2 los segmentos que más invierten en soluciones técnicas de climatización. De ello, es posible colegir que el 3,1% (Correspondiente a 191.783 viviendas del país) expresan la necesidad declarada de un sistema adicional de confortabilidad térmica no presente en la infraestructura doméstica o sus atributos morfológicos, de lo cual se desglosa

---

<sup>16</sup> Informe final de usos de la energía en los hogares de Chile (2018). Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (Fecha de publicación. Diciembre de 2019)

un porcentual de un 52,6% de tenencia de equipos de instalación fija, y un 47,4% de equipos móviles o transitorios<sup>17</sup>.

	NACIONAL	ZT1	ZT2	ZT3	ZT4	ZT5	ZT6	ZT7
Sí	3,1%	1,9%	1,5%	4,6%	2,6%	2,3%	0,5%	0,6%
	191.783	14.698	11.791	121.248	29.810	11.984	1.644	607
No	96,9%	98,1%	98,5%	95,4%	97,4%	97,7%	99,5%	99,4%
	6.088.692	752.748	757.307	2.542.775	1.116.547	507.951	314.128	97.237

Figura 34 - Tenencia de aire acondicionado según Zona Térmica (Fuente: Ministerio de Energía, 2019)

Extrapolando los indicadores del estudio porcentual de consumo energético para efectos de climatización, es admisible inferir que del total de la oferta de departamentos proyectada para el período 2020-2022 al menos el 3,1% de ellos estará bajo condición de esta necesidad declarada. Se puede establecer, en función de la segmentación de este porcentaje por tenencia de equipos, que aquellos que optan por la instalación fija están dispuestos a hacer una inversión de obra que puede alcanzar los \$500.000 (CLP), mientras que el segmento que recurre a equipos móviles adquiere productos cuyo precio de mercado es variable, aunque considerablemente inferior, (ventiladores), y su incidencia se percibe en el incremento en la tarifa de energía eléctrica. Una prestación que sustituya tal estimación de gastos en el segmento identificado, puede prorratearse para mitigar el impacto en el presupuesto mensual; por ejemplo, un plan premium de asistencia en la monitorización, dirigida a corredores de propiedades, oferentes o promotores de producto inmobiliarios, con un costo de \$38.000 mensuales, puede proveer una herramienta de gran valor transferible al precio de venta o arriendo de la unidad a cambio de los beneficios del sistema de seguimiento y evaluación de rendimiento del producto vivienda.

#### 4.4. Desarrollo de la propuesta de valor

##### i. Propuesta de valor

El producto vivienda puede promover nuevos atributos basados en información sobre el rendimiento térmico de la envolvente, hasta la fecha restringidos al conocimiento de profesionales con nivel de conocimiento y destreza técnica (que efectúan los ensayos y evaluaciones bajo condiciones de laboratorio conforme a lo instruido en la Norma Chilena

<sup>17</sup> Ibidem.

NCh853), que se registran mediante un sistema ubicuo y de bajo costo de monitorización enlazado a plataforma, lo que configura una prestación nueva basada en la observación de rendimiento térmico como un indicador cualitativo en una interfaz amigable para usuarios de otra esfera de competencias comprometidos con el rendimiento del producto, a saber: Corredores de propiedades, agentes inmobiliarios y administración de comunidades residenciales en edificios.

El servicio propuesto es un sistema de diagnóstico del confort térmico de la vivienda mediante la medición de indicadores de rendimiento de la envolvente tectónica, a implementarse mediante un modelo SCADA de bajo costo conformado por: Plataforma de captura, análisis y visualización de datos, y sensores para la medición de rendimiento de la envolvente (*back-end*). Se dispone además de aplicación para dispositivos móviles para efectos de monitorización de rendimiento.

La estrategia de implementación se basa en la sustitución de prestaciones de otros servicios que responden al problema en dos segmentos de clientes, a saber: La primera línea de adopción serán aquellos propietarios o residentes arrendatarios que acceden a un bien inmueble y reciben la aplicación como parte de

## **ii. Recursos clave**

Físico-tecnológicos: Computadores y dispositivos de tecnología de bajo costo para la producción de prototipos IoT (Microprocesador *Raspberry Pi*, bases de datos online (*MySQL*), software de programación Open Source (*Python*). Habilitación de laboratorio de prototipado y fabricación de tarjetas PCB (Equipo de impresión de Control Numérico)<sup>18</sup>.

Financieros: Capital socios fundadores de la empresa y avalúo de participación (aporte pecuniario) de empresas del rubro de climatización que suscriban el proyecto en fase experimental como innovación. (Se plantea la posibilidad de presentar proyecto a Fondo concursable CORFO en la línea de contratos tecnológicos I+D con impacto en industrias

---

<sup>18</sup> Conversación a expertos en implementación de proyectos IoT, Joaquim Quiroga Schimder. Matemático, Ingeniero, Máster en Ciencias de Ingeniería en Tecnologías Industriales (*MSc-InT University of Applied Science of Western Switzerland, Suiza*); Daniel Muñoz Prieto, Diseñador Industrial, Master of Design of Interaction. Hong Kong Polytechnic University)

emergentes del ámbito energía y sostenibilidad). Capital semilla para adquisición de bienes de capital.

Humanos: Recursos técnicos de profesionales competentes en el ámbito de diseño de plataformas, contratación de operadores para servicios logísticos y personal administrativo del ámbito contable y/o con experticia en materia tributaria. Personal para la comunicación con clientes y servicio postventa, y contratación de servicios de redes y *community management*.

Intelectuales: Datos, análisis de la información y diagnóstico de casos; competencias profesionales) Experticia en diseño de plataformas. Comunicación de la información. Alianza estratégica con empresas inmobiliarias y/o de corretaje de propiedades como promotores de una aplicación de uso exclusivo para clientes y arrendatarios (registro de marca para utilización bajo licencia mediante contrato con las empresas que promoverán tal prestación)

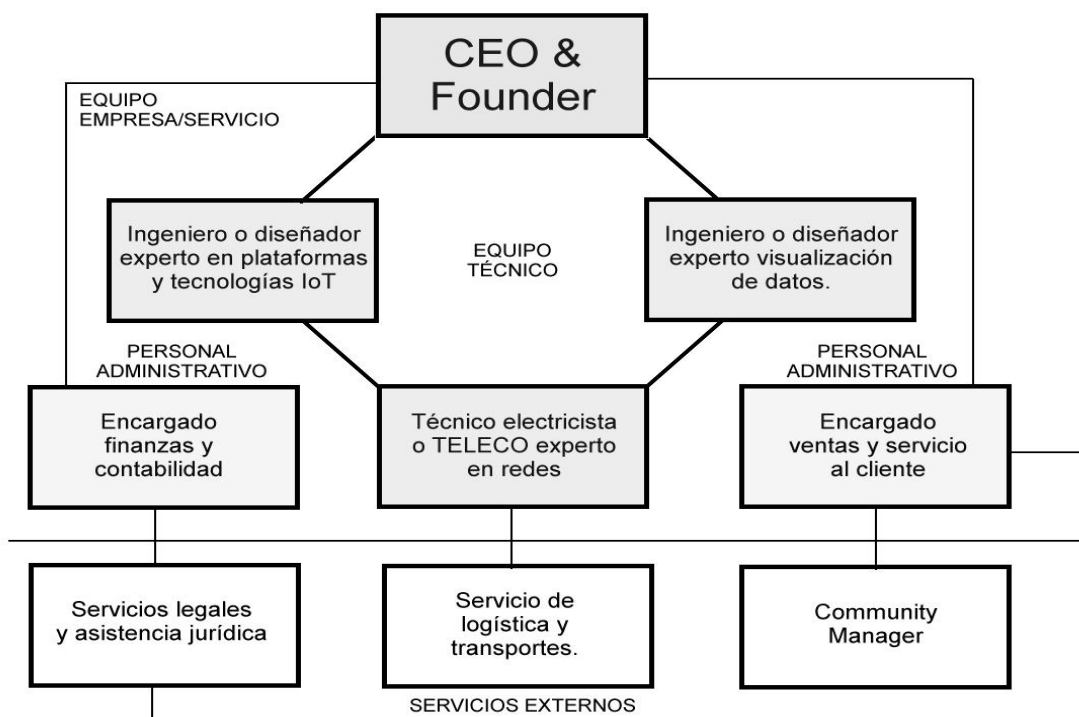


Fig. 35 – Organigrama propuesto del servicio. El equipo interno participa del emprendimiento bajo contrato mientras el equipo externo, en quienes recaen tareas complementarias a las competencias del equipo, participa mediante contrato por prestación de servicios a honorarios y bajo condición contractual de cumplimiento de objetivos parciales de desempeño.

### **iii. Canales**

Canales directos: Sitio online de difusión y registro de clientes. En lo operacional, está a cargo del personal de ventas y servicio al cliente, quien entre sus atribuciones y deberes debe administrar el directorio de clientes como de empresas proveedoras de servicios adicionales. En esta tarea se desempeña en estrecha colaboración con el encargado de finanzas para trazar el grado de fidelización de la base de clientes. En una primera instancia, se aspira a llegar al 1% de todos los potenciales compradores de la totalidad de oferta anual de departamentos en 3 comunas mediante una aplicación asociada a los servicios de una empresa inmobiliaria de corretaje de propiedades, a modo de piloto para la puesta en marcha de la iniciativa. La postventa y la comunicación son determinantes a este propósito y establece metas incrementales mediante la fidelización y viralización de prestaciones digitales de bajo costo.

Canales indirectos: El área de servicios externos de la empresa cuenta con dos prestaciones que se tercerizan y operan en estrecha colaboración con el equipo interno (ver organigrama), a saber: servicios logísticos que proveen transporte de personas y equipamiento técnico, y asesoramiento de presencia en comunidades y redes sociales, en cuyas atribuciones debe cautelarse los mecanismos de difusión y publicidad en línea.

# BUSINESS MODEL CANVAS - PROPUESTA DE SERVICIO

<p><b>ALIANZAS CLAVE</b></p> <p>Laboratorios de investigación de Tecnologías y materiales de la construcción. (DICTUC, CEDEUS UC.)</p> <p>Empresas proveedoras de servicios técnicos de acondicionamiento ambiental y confort térmico.</p> <p>Cámara Chilena de la Construcción. (CChC)</p> <p>Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH)</p> <p>Sector público (SERVIU, Ministerio de Energía)</p>	<p><b>ACTIVIDADES CLAVE</b></p> <p>Implementar SISTEMA DE MEDICIÓN, registro de indicadores clave y evaluación de rendimiento térmico de la envolvente de hormigón en viviendas en altura (departamentos).</p> <p>Creación de base de datos y disposición de medios digitales de accesibilidad amigable para el usuario.</p> <p><b>RECURSOS CLAVE</b></p> <p>Tecnológicos: Dispositivos, herramientas e insumos de sistemas IoT</p> <p>Humanos: Personal especializado tecnología. Intelectuales: Estudios de validación, análisis del problema. Patentamiento. Financieros: Aportes propios, préstamo inicial y alianzas con empresas.</p>	<p><b>PROPUESTA ÚNICA DE VALOR</b></p> <p>Empresas inmobiliarias:</p> <p>El producto-vivienda puede promover nuevos atributos basados en información sobre el rendimiento térmico de la envolvente (hasta la fecha virtualmente desconocidos por el usuario)</p> <p>Puede ofrecer nuevas prestaciones basados en un nuevo sistema de medición con tecnología IoT (Internet of Things) de bajo costo.</p> <p>Usuarios (Residentes)</p> <p>Pueden tener acceso a información sobre el rendimiento térmico de la vivienda en medios ubicuos y de interfaces amigables, accediendo a información técnica del producto que han adquirido.</p>	<p><b>RELACIÓN CON CLIENTES</b></p> <p>Redes sociales (Difusión) Servicio a clientes y seguimiento de casos. Informe de evaluación y diagnóstico del espacio doméstico para toma de decisiones.</p> <p><b>CANALES</b></p> <p>Directos: Sito online (Website online) enlazado a plicaciones móviles y base de datos</p> <p>Indirectos: Operaciones en terreno mediante servicios logísticos.</p>	<p><b>SEGMENTOS DE CLIENTES</b></p> <p>Residentes departamentos que requieren un mejor rendimiento de confortabilidad térmica de su vivienda.</p> <p>Empresas inmobiliarias corredores de propiedades y administración de edificios.</p> <p>Empresas constructoras.</p>
<p><b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b></p> <p>Costos iniciales de implementación.</p> <p>HH Profesionales expertos en diseño de plataformas.</p> <p>Empaquetamiento (pequeña serie inicial) de dispositivos de medición y habilitación de plataforma (Hosting y ancho de banda)</p>	<p><b>FLUJO DE INGRESOS</b></p> <p>Ganancia por suscripción al servicio y seguimiento. (Evaluación periódica conforme a condiciones de temperatura variables en el transcurso de un año)</p> <p>Modelo freemium de prueba. Venta de datos y diagnósticos avanzados para clientes premium.</p>			

Fig. 36 – Business Model Canvas.

#### 4.5. Observaciones a la propuesta de Modelo de negocios

- El escenario planteado es un servicio de información en el ámbito del diagnóstico y evaluación de instalaciones en obra. Existen en Chile empresas dedicadas a tales efectos (En el rubro de Empresas mantenedoras y de mantenimiento predictivo, algunas de ellas dirigidas al ámbito industrial EUROFRED<sup>19</sup>, CLIMAZERO<sup>20</sup> NVL Clima y Energía<sup>21</sup> PYL Clima<sup>22</sup>, JM Climatización<sup>23</sup>) que entre sus entregables proveen asistencia y revisión técnica, y servicio de instalaciones, las cuales ya se distinguen por un mayor o menor grado de robustez en función de su capacidad instalada y sus activos tangibles para la realización de tareas técnicas, equipamiento y personal competente con experiencia en el rubro. A este respecto, el atributo diferenciador, con el cual se plantea una propuesta de valor disruptiva para el mercado local, se basa en un modo innovador de diagnóstico basado en una nueva forma de medición, no emanada de sensores de temperatura ambiente, sino en hacer visibles los indicadores de rendimiento de la envolvente tectónica sobre la base tecnológica de tecnologías ubicuas y modelos de acopio de datos mediante sistemas API (*Application Programming Interface*) enlazados a plataformas y sensores.
- Entre los potenciales clientes de esta propuesta, actualmente formulada como una hipótesis tecnológica susceptible de ser desarrollada mediante experimentación, están aquellos actores estratégicos que comparecen en la promoción del valor y atributos de calidad de la vivienda, y que deben también ofrecer respuesta toda vez que se cuestiona el rendimiento de un producto por calidad deficiente; las competencias de estos profesionales, junto con la condición propia de los usuarios y residentes -sean propietarios o arrendadores de los inmuebles- hace necesario contar con un *input* de información confiable que le permita tomar decisiones sin mediación de un especialista técnico. Tal propuesta, empero, debe ofrecer las garantías y cautelas exigibles a todo servicio determinante para la calidad de vida, y por ello, el rol garante

---

<sup>19</sup> <https://www.eurofred.cl/>

<sup>20</sup> <http://www.climazero.cl/>

<sup>21</sup> <https://www.nvl.cl/>

<sup>22</sup> <https://pylclimatizacion.cl/>

<sup>23</sup> <http://jmclimatizacion.com/>

y suscriptor de actores públicos como el Ministerio de Energía o el Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU) serán determinantes para este propósito.

- Los costos iniciales de la implementación del servicio se basan en dispositivos IoT (*Internet Of Things*) de bajo costo, de expedita accesibilidad en el mercado local y destinados a la producción de prototipos rápidos de sistemas de computación ubicua (*Hardware sketch*). No obstante, algunas prestaciones para el empaquetamiento de los entregables -por ejemplo, la fabricación de las tarjetas PCB (*Printed Circuit Board*) y el servicio de BAM (Banda Ancha Móvil)- para la operativización de la primera serie pueden ser tercerizados en empresas de mayor capacidad instalada. La participación de laboratorios de materiales y centros de investigación afines a la materia, por su parte, proveen una alianza estratégica para la validación del modelo de transferencia tecnológica.

#### **4.6. Análisis de la necesidad y oportunidad de negocios**

##### **4.6.1. Identificación del valor y la necesidad.**

los principales atributos de creación de valor para el usuario son información y confianza, conceptos instalados en la sensibilidad pública y de la cual da cuenta la contingencia en medios, es la creciente desconfianza en el mundo de las grandes corporaciones y, en especial, de las empresas proveedoras de servicios de energía (con casos emblemáticos en la historia reciente como la controversial propuesta de medidores inteligentes y los cobros excesivos en las cuentas de servicio<sup>24</sup>. la mediación de un servicio técnico especializado contribuye al problema de asimetría de información entre los indicadores observables dirigido al experto, con su léxico y métricas técnicas, respecto de las competencias de un profesional no especializado en cuestiones de orden tecnológico pero eficiente promotor de sus atributos.

##### **4.6.2. Relación con los usuarios.**

para efectos del estudio demográfico y de proyección del modelo de negocio, sugiere un perfil de usuarios que ocupa los departamentos en condición más desfavorable y para quienes el gasto de acondicionamiento tiene un efecto más sensible en sus ingresos. No obstante, los

---

<sup>24</sup> “Corte Suprema acoge recurso contra Enel Distribución por cobros excesivos” (Fuente: El Periodista. (online) 10 de mayo de 2021. [<https://www.elperiodista.cl/2021/05/corte-suprema-acoge-recurso-contra-enel-distribucion-por-cobros-excesivos/>])

clientes más importantes que podrían asumir un rol suscriptor y ejecutivo de la propuesta, definida como experimental, son aquellos actores estratégicos en cuyas atribuciones está identificar, comunicar y promover el valor del producto vivienda desde sus atributos de calidad. Los profesionales de este rubro, conocedores del ámbito técnico de las instalaciones y las especificaciones de edificación, no tienen competencias avanzadas en el área y requieren un producto que posibilite una mejor oferta de la calidad. El concepto en ideación, a este respecto, proporciona un *driver* de valor que podría facilitar no sólo el discurso asociado a la venta, sino la percepción de la calidad y la práctica ética de la construcción.

#### **4.6.3. Prospecto del servicio.**

El piloto del servicio se plantea como un modelo de bajos costos operativos, a implementarse con tecnologías de bajo costo, pero cuyo principal activo es la información. Este activo, sobre la base de un modelo *freemium*, propende a un entregable de bajo costo y muy accesible desde una aplicación, pero susceptible de entregar prestaciones avanzadas a categorías de clientes con una mayor participación financiera del servicio, y que pueden adquirir información. En el prospecto de años, el modelo planteado puede dar pie a un modelo de certificación de calidad térmica y eficiencia energética para los departamentos.

#### **4.7. Síntesis descripción del proyecto (Aspectos generales)**

##### **Proyecto: Servicio de monitorización de confortabilidad térmica y eficiencia energética**

##### **i. Descripción del proyecto**

Proyecto interdisciplinario para la transferencia tecnológica en sistemas de medición in situ del rendimiento térmico de la envolvente mediante tecnología de captura, registro y monitorización de datos en tiempo real (SCADA).

##### **ii. Objetivo general del proyecto**

Crear valor para el producto vivienda en altura sobre la base de un modelo integrado de evaluación de rendimiento energético de la envolvente, monitorizado con tecnologías de bajo costo, para salvar la asimetría de información entre quienes proyectan y construyen la vivienda, y quienes adquieren y residen en la vivienda.

### iii. Resultados esperados

Validar y empaquetar sistema de medición del rendimiento térmico de la envolvente mediante aplicación de modelos de distribución triangular y discreta (*Sensitivity Thermal Analysis*) fuera del contexto de laboratorio y ensayo de materiales, realizado in situ mediante tecnología IoT (*Internet of Things*), y plataforma de acopio y visualización de datos.

### iv. Alianzas estratégicas I+D

Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), Pontificia Universidad Católica de Chile.  
Entidades orientadas la educación (Universidad del Desarrollo)

### v. Metodología

Diseño de plataforma y desarrollo de componentes de captura de datos en tiempo real.

## 4.8. Análisis de hoja de ruta (Hitos y etapas)

### i. Etapa de investigación

La etapa de investigación tiene una fuerte incidencia de la Investigación y desarrollo conducente a validar la hipótesis tecnológica. En esencia, busca visibilizar los avances de la investigación científica respecto a modelos de simulación numérico para evaluar el rendimiento térmico de los elementos tectónicos de la envolvente, y transferir tales prestaciones a un servicio de información que entregue datos relevantes para la valoración cualitativa del producto vivienda.

TABLA 10 – Etapa de investigación

HITOS PRINCIPALES	INDICADORES DE DESEMPEÑO	FECHA
Conformación de equipo de trabajo	Contratación de profesionales competentes en el diseño de plataformas, análisis de datos y configuración y construcción de modelos de monitorización y control.	MES 1
Diseño de proyecto.	Modelamiento de experiencia de simulación a partir de la hipótesis tecnológica (Investigación aplicada)  Identificación de atributos y requerimientos para el diseño de plataforma de captura y visualización de datos.  Listado de componentes para el desarrollo de prototipos.	MES 2

*Continúa en página 78*

Continuación tabla 10

Implementación de herramientas e instrumentos del proyecto	Implementación de condiciones de simulación (Laboratorio) para el estudio de rendimiento.  Creación de base de datos, y contratación de hosting para el alojamiento online del sitio de acopio de información de uso restringido al equipo desarrollador.	MES 4
Validación de hipótesis tecnológica	Sistematización de resultados en prototipo avanzado y base de datos operativa de acceso restringido a integrantes del equipo investigador (Modelo Beta)  Validación con científicos desarrolladores del modelo cuantitativo de rendimiento de la envolvente.	MES 5
Postulación a formas de financiamiento (*)	Formulación de proyecto de postulación a fondos de fomento de la transferencia tecnológica.	MES 6

(\*) La postulación a formas de financiamiento externo se plantea como una alternativa para conferir más autonomía y robustez financiera a la etapa de implementación y divulgación de los resultados del proyecto.

## ii. Etapa de validación y empaquetamiento.

Implementación de un modelo de validación de producto basado en la investigación. El pilotaje de la experiencia en ambiente real bajo condiciones de control es determinante a este propósito, y la participación de una entidad suscriptora del proyecto, con fines académicos y de investigación es un aliciente para la difusión de los resultados de etapa. En esta etapa, se convoca a actores estratégicos en el ámbito de la educación y exploración de ciencia y tecnología que también juegan un rol determinante en la difusión de resultados en redes abiertas a la ciudadanía. Este aspecto es relevante por cuanto puede ser estratégicamente significativo para promover, de parte de las entidades dedicadas al conocimiento (Universidades, Institutos y Centros de Investigación) programas de enseñanza en torno al vínculo con la empresa de servicios en el área de eficiencia energética.

TABLA 11 – Etapa de validación y empaquetamiento

HITOS PRINCIPALES	INDICADORES DE DESEMPEÑO	FECHA
Prototipado.	Construcción de prototipo avanzado para ensayo y pruebas de rendimiento bajo condiciones de ambiente real.  Plataforma, comunicación remota y base de datos operativa para ensayo general de prototipo avanzado.	MES 6
Diseño de experiencia piloto.	Implementación de modelo de control y supervisión de datos en tiempo real bajo condiciones de ambiente real en entorno controlado.	MES 7

Continúa en página 81

Continuación tabla 11

Alianza con entidad orientada a la investigación y desarrollo.	Presentación de resultados a científicos desarrolladores de modelo cuantitativo de la envolvente.  Acuerdo de suscripción del proyecto en términos de validación de la hipótesis.	MES 8
Difusión de resultados	Difusión de resultados de investigación en canales de divulgación académico, científica.  Difusión de resultados de experiencia piloto en canales de divulgación empresarial y de mercado.	MES 10
Pruebas con clientes	Desarrollo de incentivos a la participación del modelo de producto en etapa precompetitiva para validación con segmento de clientes (pruebas de bajo costo con aplicación para dispositivo móvil)	MES 11-12

### iii. Etapa de crecimiento y prospección

Despliegue de recursos de difusión y orientación a las ventas (productos y resultados). En esta etapa se aspira a alcanzar una mayor robustez de la empresa para poder entablar alianzas dirigidas a expandir la oferta de prestaciones. Los servicios en el ámbito de monitorización y mantenimiento predictivo, que ya son requeridos por la industria, podrían tener una participación relevante en las tecnologías de plataformas redes ciudadanas que progresivamente demandan confianza basada en datos y transparencia de la información.

TABLA 12 – Etapa de crecimiento y prospección

HITOS PRINCIPALES	INDICADORES DE DESEMPEÑO	FECHA
Ajustes e iteraciones al proyecto.	Refinamiento del modelo de implementación y entregable (producto) para levantamiento de datos.  Informe de seguimiento a experiencia piloto.	MES 12
Alianza con empresas externas.	Oferta de las prestaciones del modelo bajo alianzas estratégica con empresas del rubro instalaciones técnicas de acondicionamiento en edificios.	MES 12-16
Ventas	Descarga de aplicaciones para dispositivos móviles.  Venta de planes Premium para clientes (personas naturales o jurídicas) que deseen suscribir modelo de monitorización.	AÑO 1 EN ADELANTE

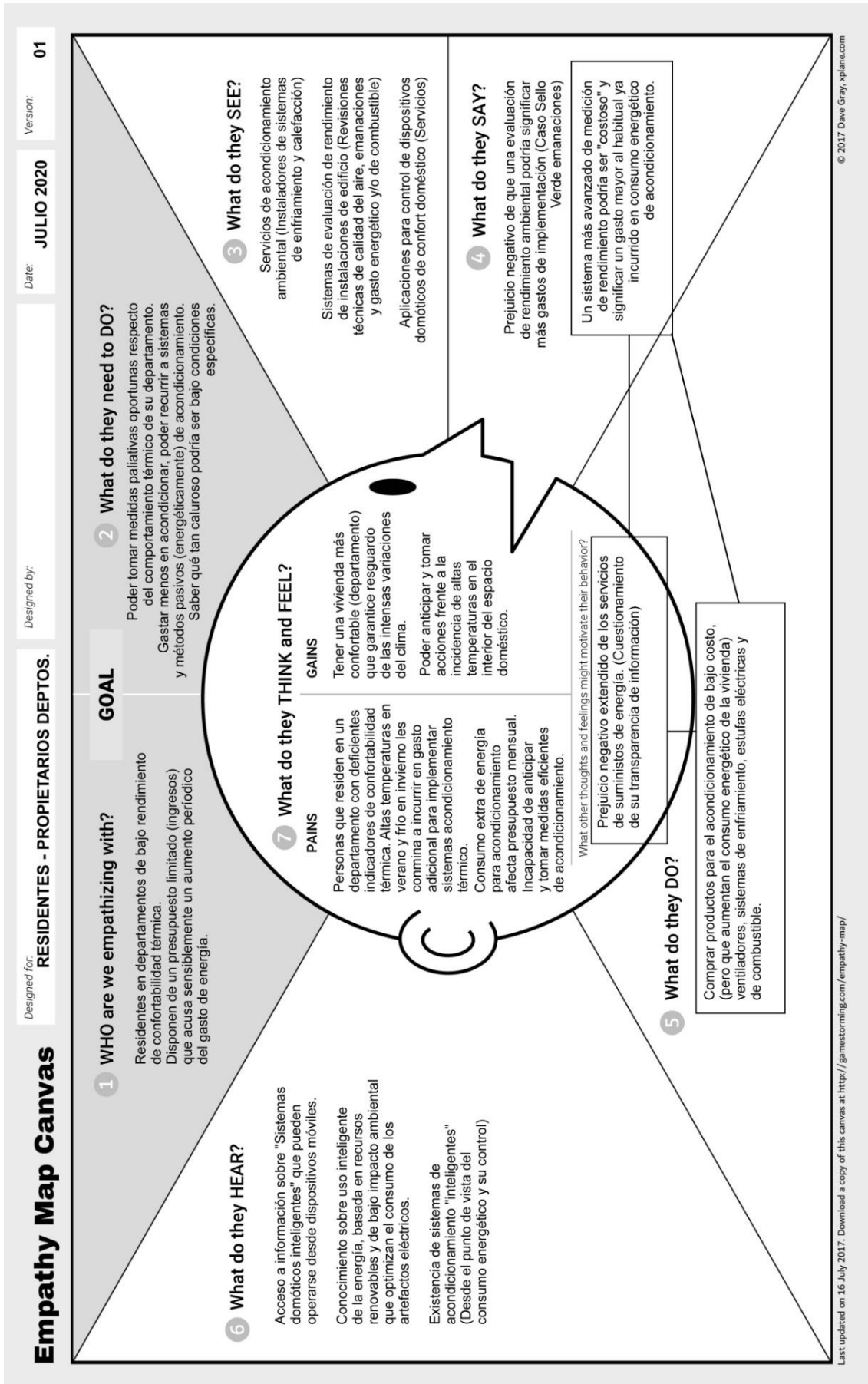
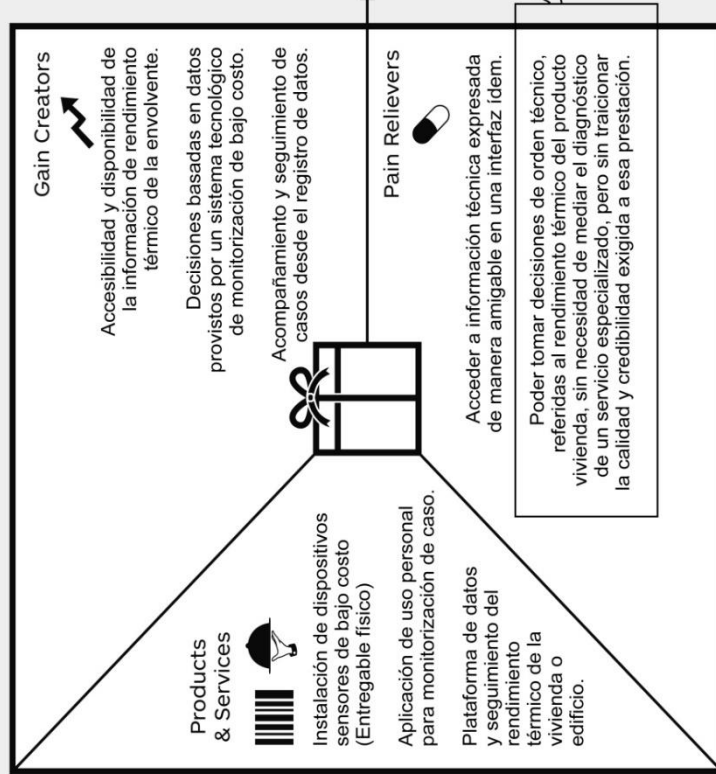


Fig. 37 - Canvas Mapa de Empatía

# The Value Proposition Canvas

Value (Proposition) Map:



Customer (Segment) Profile:

## PROPIETARIOS Y RESIDENTES DE DEPTOS.

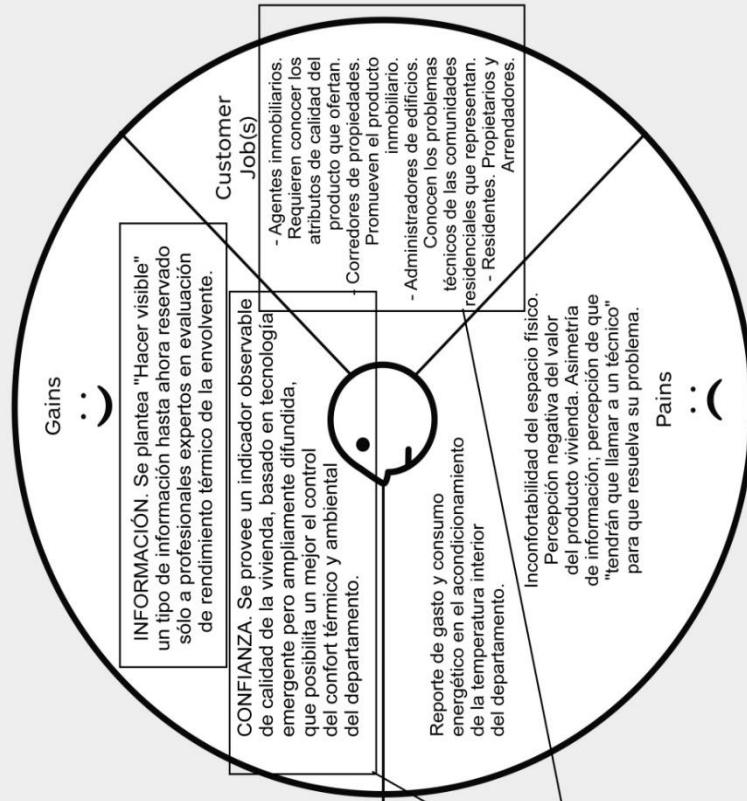


Fig. 38 - Canvas Propuesta de valor

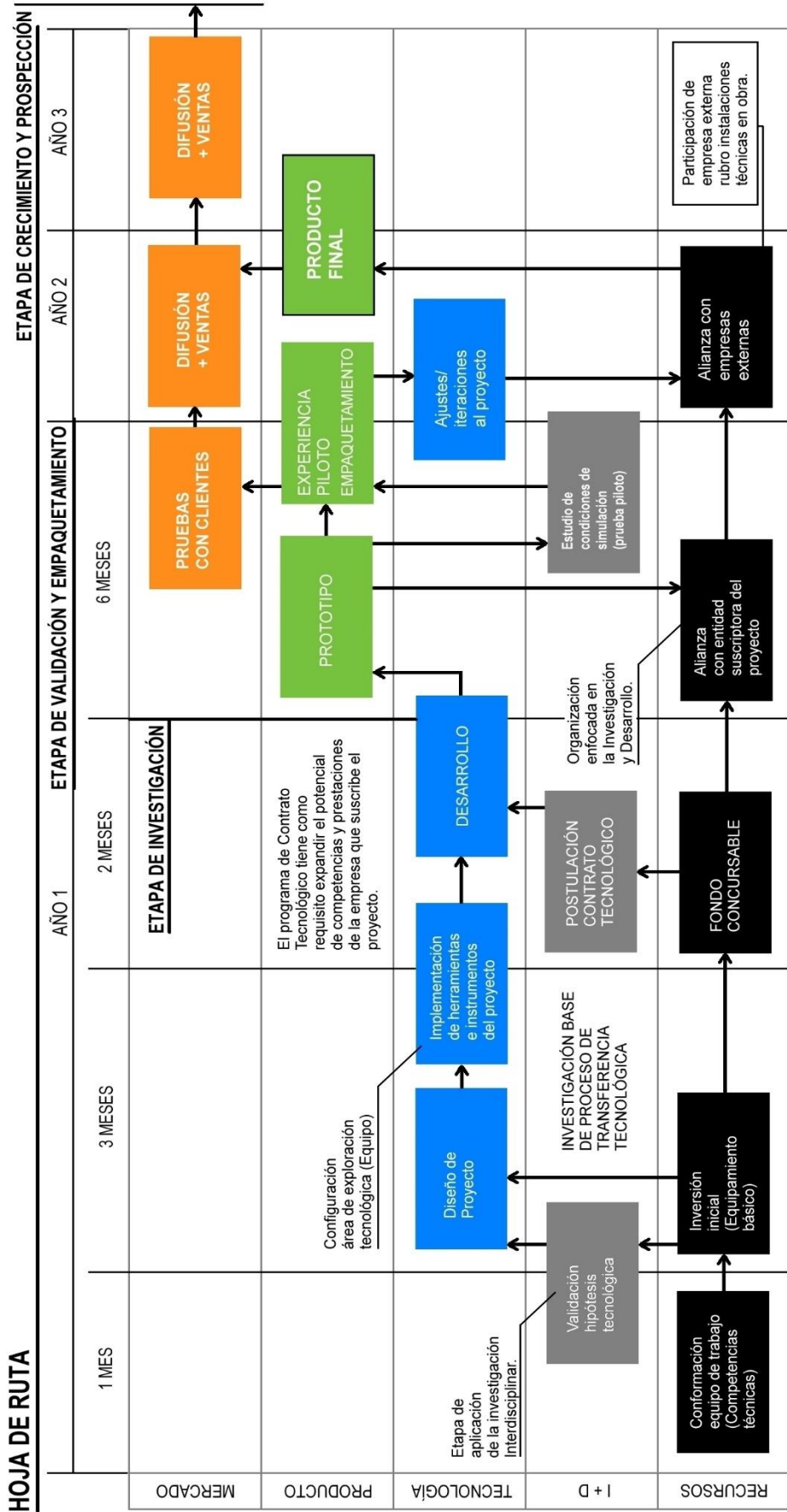


Fig. 39 – Diagrama de hoja de ruta del proyecto (Roadmapping)

## 5. PROSPECCIÓN Y ESCALABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO

### 5.1. Alternativas de financiamiento

Esquema preliminar de aportes de financiamiento por etapas del proyecto. Se expresan en términos generales los indicadores que permiten trazar una itemización inicial de costos.

TABLA 13 – Alternativas de financiamiento

ETAPA	APORTE PROPIO	APORTES DE TERCEROS	VENTAS
INVESTIGACIÓN	Aporte inicial de socios fundadores (valorizado horas de trabajo y bienes de capital aportados al proyecto)	---	---
VALIDACIÓN Y EMPAQUETAMIENTO.	Crédito bancario (36 cuotas) Postulación capital semilla para compra de equipamiento impresión 3D (Tarjetas PCB)	Aportes de terceros (valorizado en medios de difusión y prestigio de marca, driver de valor para promoción de las prestaciones del proyecto)	Ventas de aplicación de bajo costo a primera línea de adoptantes del proyecto.
CRECIMIENTO Y PROSPECCIÓN.	Aporte propio para adquisición de insumos tecnológicos.	(*) Postulación a fondos concursables en el área de Transferencia Tecnológica.	Venta de suscripción a la plataforma, aplicaciones y acceso a sus datos a clientes Premium (Alianzas con empresas)

Por tratarse de un proyecto con rasgos de experimentación científica e innovación tecnológica, los aportes propios y el financiamiento mediante crédito bancario son preponderantes en la etapa inicial de despliegue de recursos del proyecto, circunscritos a la etapa de exploración de prototipos y modelos de bajo costo para la validación de hipótesis. No obstante, se contempla que los mecanismos de difusión de los resultados parciales en esta etapa promuevan las prestaciones de la iniciativa, y transfieran también valor desde la certificación de resultados por parte de entidades orientadas a la investigación y el conocimiento científico.

### i. Alternativas de financiamiento público.

Las líneas de financiamiento de fondos públicos para proyectos de transferencia tecnológica (a saber: Fondos Desarrollo y Crecimiento; Programas de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo; y Programa de Inversión Directa de CORFO en Fondos de Inversión) son excluyentes respecto a las condiciones del presente proyecto, por cuanto están dirigidos a empresas cuyo patrimonio debe estar avaluado en UF500.000 a la fecha de postulación, excluyéndose las empresas del rubro inmobiliario, sociedades de inversión o empresas de infraestructura pública<sup>25</sup>. La línea CORFO de Contratos tecnológicos se plantea, no obstante, como una alternativa para la transferencia tecnológica con alto grado de disrupción, por cuanto tiene como propósito propiciar la contratación de profesionales o competencias de alta especialización de base científica para la innovación tecnológica en la producción en las cadenas de valor, estando comprendida dentro de las categorías el uso consciente de la energía y la sustentabilidad ambiental.

CLASIFICACIÓN	SUBCATEGORÍA	Nº DE FONDOS	PROPORCIÓN EN NÚMERO (%)	MONTO INVERSIONES (US\$MM)	TOTAL	PROPORCIÓN EN MONTOS (%)
Etapas de Inversión	Venture Capital	30	73%	362,0		51%
	Private Equity	11	27%	345,6		49%
Total		41	100	707,6		100%
Total aportes de	Con financiamiento CORFO	34	83	414,9		59%
	Sin financiamiento CORFO	7	17	292,7		41%
Total		41	100	707,6		100%

Tabla 14 - Caracterización de *Venture Capitals* y *Private Equity* en Chile en proyectos de transferencia tecnológica, incluye sólo fondos vigentes. Informe ACAFI 2013-2014. (Fuente: CORFO, 2016)

### ii. Alternativas de financiamiento privado.

Dentro de las empresas del área de acondicionamiento técnico ambiental que cumplieren las condiciones estipuladas por la línea FC de CORFO, y pudieran suscribir el proyecto bajo lineamientos de un capital de riesgo (*Venture Capital*), la opción de ofrecer las prestaciones y resultados de la exploración tecnológica es un camino menos favorable al proyecto, por

<sup>25</sup> Transferencia Tecnológica en Chile. Estudio de caracterización de las actividades y resultados de los procesos de transferencia tecnológica desde los centros de conocimiento en Chile. (CORFO, 2016)

cuanto comprometería los resultados de la investigación a las condiciones impuestas por la empresa. Las consultorías, por su parte, ofrecen alternativas de difusión, pero no directamente asociadas a los objetivos del proyecto en su propósito científico. De ahí que la posibilidad más admisible, para la etapa inicial y de validación proyecto, resulta ser la alianza estratégica con entidades dedicadas, orientadas o promotoras a la difusión del conocimiento y la investigación. El Centro de Desarrollo Urbano Sustentable de la Pontificia Universidad Católica de Chile -a través de la Dirección de Extensión y Servicios Externos (DESE) – tiene entre sus atribuciones la contratación de personal con conocimientos especializados para desarrollar proyectos dirigidos al bien común por su aporte científico y de innovación tecnológica, y proveen además una plataforma de visualización y validación de resultados sobre la base del prestigio institucional de la Universidad sede.

## **5.2. Estructura de costos e inversiones iniciales**

Conforme a lo declarado en los puntos anteriores, los gastos iniciales de implementación están dirigidos a la conformación de un equipo de profesionales para exploración científica con herramientas e insumos tecnológicos de bajo costo. Cabe destacar, como una de las inversiones importantes en activos nominales es la producción de documentos de validación (estudios e informes), y bases de datos que aportan al principal activo del proyecto, que es la información. El detalle de itemización y desglose de la tabla 15 corresponde a los costos iniciales de formulación y etapa temprana del proyecto.

Tabla 15 – Estructura preliminar de costos e ingresos del proyecto.

PERSONAL DE LA EMPRESA	Sueldo bruto mensual (CLP)	Sueldo bruto anual (CLP)
CEO & FOUNDER	1100000	13200000
EXPERTO EN DISEÑO PLATAFORMA	1100000	13200000
EXPERTO EN VISUALIZACIÓN DE DATOS	1100000	13200000
TÉCNICO TELECO Y REDES	880000	10560000
PROFESIONAL FINANZAS Y CONTABILIDAD	770000	9240000
ENCARGADO DE VENTAS	770000	9240000
<b>TOTAL SUELDOS</b>		<b>68640000</b>
<b>SERVICIOS EXTERNOS</b>		<b>0</b>
SERVICIOS LEGALES Y JURÍDICOS	600000	7200000
SERVICIOS LOGÍSTICOS	600000	7200000
COMMUNITY MANAGER	150000	1800000
<b>TOTAL SERVICIOS PROFESIONALES</b>		<b>16200000</b>
<b>OTROS</b>	<b>mensual</b>	<b>anual</b>
Arriendo oficina (Mensual)	400000	4800000
Servicios básicos (Electricidad)	18000	216000
Servicios básicos (Agua)	5000	60000
Contrato plan telefonía e internet	33000	396000
Catering	40000	480000
Insumos oficina (Papelería, archivadores)	8000	96000
Insumos oficina (Tinta impresora)	22000	264000
Insumos oficina (Art. Escritorio)	10000	120000
<b>(*) TOTAL INSUMOS OFICINA</b>		<b>480000</b>
<b>(**) Insumos tecnológicos</b>	<b>100000</b>	<b>1200000</b>
<i>(Protoboards, Microprocesadores, cables jumpers, sensores, NFC Devices, etc)</i>		
<b>Detalle de Capital de trabajo</b>		
Herramientas electrónica	120000	Depr. vida útil (SII) = 3
Gabinete de componentes	50000	Depr. vida útil (SII) = 5
Computadores	1350000	Depr. vida útil (SII) = 6
Mobiliario	500000	Depr. vida útil (SII) = 5
Impresoras	150000	Depr. vida útil (SII) = 6
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>2170000</b>	
<b>Activo fijo</b>		
Aporte inicial socios constitución SpA	2000000	
<b>Activos nominales</b>		
Estudios de validación casos	500000	
Estudio de mercado (contratación)	800000	
Adquisición base de datos	450000	
<b>TOTAL</b>	<b>1750000</b>	

Tabla 16 - Estimación inicial de gastos e ingresos del proyecto

PROYECTO SISTEMA DE EVALUACIÓN Y RENDIMIENTO - ESTIMACIÓN INICIAL DE GASTOS E INGRESOS				
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
<b>INGRESOS</b>				
Aporte de los socios	\$ 2.000.000			
Crédito en 36 cuotas	\$ 4.800.000			
Aporte Capital semilla	\$ 1.000.000			
Ventas en pesos		\$ 53.964.000	\$ 53.967.000	\$ 55.338.000
Suscripciones a aplicación		\$ 156.000	\$ 159.000	\$ 162.000
Suscripciones premium (Instalación)		\$ 53.808.000	\$ 53.808.000	\$ 55.176.000
<b>Costo de ventas</b>				
Margen bruto		\$ 53.964.000	\$ 53.967.000	\$ 55.338.000
Margen bruto %		100,00%	100,00%	100,00%
<b>Total ingresos</b>	\$ 6.800.000	\$ 53.964.000	\$ 53.967.000	\$ 55.338.000
<b>Costos /Gastos</b>				
<b>Sueldos</b>		\$ 68.640.000	\$ 6.864.000	\$ 6.864.000
Arriendo espacio de trabajo		\$ 4.800.000	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000
Servicios básicos		\$ 216.000	\$ 216.000	\$ 216.000
Arriendo hosting/servidores		\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000
Correos/Toners/Mat Oficina		\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 480.000
Teléfono e internet		\$ 396.000	\$ 396.000	\$ 396.000
Marketing y desarrollo de negocio		\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000
Suscripciones		\$ -	\$ -	\$ -
Seguros		\$ -	\$ -	\$ -
<b>Servicios profesionales</b>		\$ 1.620.000	\$ 16.200.000	\$ 1.620.000
Catering		\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 480.000
Gastos Bancarios				
Interés crédito		\$ 1.200.000	\$ 885.245	\$ 491.803
Otros costos (**Insumos tecnológicos)		\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Depreciación			\$ 107.500	\$ 107.500
<b>Total Egresos</b>		\$ 79.732.000	\$ 32.328.745	\$ 17.355.303
Base imponible impuesto renta		-\$ 25.768.000	\$ 21.638.255	\$ 37.982.697
Capital crédito		\$ 1.259.016	\$ 1.573.770	\$ 1.967.213
Depreciación		\$ -	\$ 107.500	\$ 107.500
Garantías				
Inversión activo fijo	\$ 1.500.000	\$ -		
Inversión de activos nominales	\$ 1.750.000			
Capital de trabajo	\$ 3.550.000			
Impuesto a la renta (27%)		\$ -	\$ 5.842.329	\$ 10.255.328
<b>CF</b>	<b>-\$ 2.000.000</b>	<b>-\$ 27.027.016</b>	<b>\$ 14.329.656</b>	<b>\$ 25.867.656</b>

### 5.2.1. Descripción del servicio y valor de mercado

Sistema de monitorización de rendimiento térmico y energético. De acuerdo lo planteado en el modelo de negocios, el principal activo de la empresa es la información, que se valoriza por la sustitución de prestaciones técnicas de servicios de climatización al rango de viviendas que reportan la necesidad declarada en su respectivo segmento de mercado.

PROYECCIÓN OFERTA DE DEPARTAMENTOS EN GRAN SANTIAGO				
PERÍODO OFERTA	DEPTOS.	3,10%	CASAS	ANUAL
201904	7120	221	1629	
202001	7310	227	1611	
202002	7150	222	1642	
202003	7099	220	1640	
202004	7149	222	1657	222
202101	7260	225	1668	
202102	7235	224	1666	
202103	7208	223	1660	
202104	7212	224	1659	224
202201	7205	223	1653	
202202	7272	225	1666	
202203	7355	228	1616	
202204	7373	229	1613	229

Tabla 17 – Pronóstico de oferta de departamentos que declaran la necesidad de sistemas de climatización (Fuentes, Informe trimestral CChC, Ministerio de Energía, 2019)

En función de tal indicador, el cálculo de la regresión lineal de la oferta de departamentos, en función de la necesidad declarada de contar con sistemas de climatización conforme al estudio de consumo de energía doméstica del Ministerio de Energía, arroja una posibilidad de participar en el 3,1% de la oferta total por medio de la sustitución de las prestaciones a que acuden los clientes del segmento. Conforme a los datos del estudio, el 47,4% del segmento recurre a sistemas móviles o transitorios, mientras el 52,6 realiza instalaciones de equipamiento fijo. El precio de estas instalaciones tiene un rango de mercado sobre \$500.000 con un gran capacidad ociosa en los meses que no hace requerido uso de acondicionamiento y sin contar el gasto energético adicional por la activación y uso de tales instalaciones, por lo cual, una oportunidad de sustituir esas prestaciones por un sistema de monitorización con costo inferior y prorrateado mensualmente puede ayudar -por ejemplo- a mejora la percepción del producto vivienda a los oferentes y promotores inmobiliarios, incluyendo las prestaciones en la oferta final de la vivienda.

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
<b>INGRESOS</b>				
Aporte de los socios	\$ 2.000.000			
Crédito en 36 cuotas	\$ 4.800.000			
Aporte Capital semilla	\$ 1.000.000			
Ventas en pesos		\$ 53.964.000	\$ 53.967.000	\$ 55.338.000
Suscripciones a aplicación		\$ 156.000	\$ 159.000	\$ 162.000
Suscripciones premium (Instalación)		\$ 53.808.000	\$ 53.808.000	\$ 55.176.000
<b>Costo de ventas</b>				

Tabla 18 – Detalle del flujo de ingresos estimado por concepto de ventas (segmento de bajo costo y membresías Premium del servicio)

PLAN	SEG. MERCADO POTENCIAL	PRODUCTO	PRECIO UNITARIO (CLP)	TOTAL ANUAL ESTIMADO
Clientes básicos.	47,4%	Aplicación móvil	\$1.500	\$156.000
Plan Premium	52,6%	Sistema monitorización	\$38.000	\$53.808.000

Tabla 19 – Precios de mercado para el cálculo de rendimiento del primer año del servicio conforme al plan declarado.

La estrategia de ventas, en su proyección inicial, acusa una incidencia muy marginal del plan básico sobre el flujo de ingresos proveniente del plan premium (Ver figura 21), no obstante, se contempla que la difusión de las prestaciones y el crecimiento de la base de suscriptores de plan básico contribuyan a transferir clientes de la modalidad básica a premium. Los clientes del plan premium, por su parte, pueden acceder a otras prestaciones y entregables basados en los activos de conocimiento de la empresa y su enlace a datos cuantitativos de utilidad para el rubro inmobiliario, de construcción y bienes raíces que requieren indicadores de valor para el producto que ofertan.

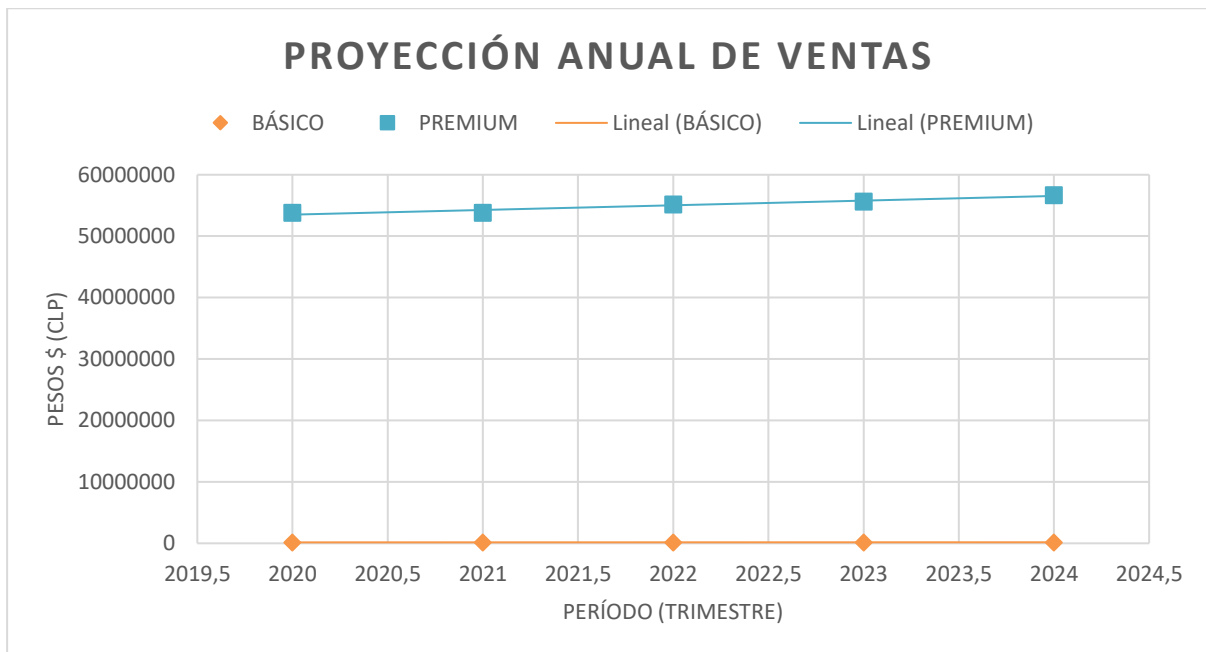


Fig. 40 – Pronóstico de ventas para los primeros 5 años mediante modelo de regresión lineal aplicada a las estimaciones de venta por plan de oferta dirigida a segmentos de participación en el mercado.

Finalmente, en lo declarado frente a la posibilidad admisible de postulación a un fondo de financiamiento para la transferencia tecnológica, esta alternativa, aunque incierta, puede conferir robustez al plan de crecimiento y expansión de la empresa y el servicio, permitiéndole un mayor control de las decisiones relativas a su prospecto frente a posibles empresas suscriptoras y alianzas estratégicas.

### 5.2.2. Observaciones a la etapa de inversión

- La puesta en marcha de la empresa se plantea desde una Sociedad por Acciones (SpA) con tres socios iniciales con competencias especializadas a los requerimientos técnicos y operativos del proyecto. El aporte inicial de los socios constituyentes se complementa a un préstamo bancario en 36 cuotas de \$4.800.000 para el funcionamiento del primer año de la empresa en términos de remuneraciones. Adicionalmente, se contempla el aporte pecuniario de una empresa del rubro climatización, que mediante estudios de validación encargados a empresas consultoras externas (Inversión en activos nominales) con la que se entabla una alianza estratégica para suscribir el proyecto en su etapa inicial de penetración al mercado, en

que la empresa no dispone de otros medios técnicos, financieros o humanos para acceder al campo de aplicación, en este caso, las viviendas que requieren acondicionamiento.

- Se estipula que el modelo de organigrama inicial ha de permanecer inalterado durante los primeros años o durante el tiempo en que los potenciales ingresos superen el gasto inicial de inversión. Eventualmente, el crecimiento de la empresa tendrá incidencia en la contratación de profesionales que se sumarán al equipo, pero no en alterar significativamente los aspectos operativos y de bajo costo, con el fin de cautelar tales gastos durante un período que requiere monitorización y fidelización de los potenciales clientes. La decisión de tercerizar servicios relacionados a la difusión, publicidad y servicios logístico permite tener una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a los cambios del proyecto y sus iteraciones en la etapa de implementación.
- La inversión en estudios y adquisición de base de datos suponen un medio de validación para promover la suscripción de otras empresas al proyecto, toda vez que estos estudios son la base de la propuesta de innovación y el valor depositado en las nuevas prestaciones que, siendo de carácter experimental, son controvertibles en una etapa muy temprana. Detentar la información que sustenta las decisiones de proyecto, y el modelo de solución es un atributo diferenciador de la empresa y su primer activo transable con fines a una posible alianza, a este respecto, la producción de un prototipo es determinante, y por ello los gastos fijos y operaciones del inicio están enfocados a la producción de entregables en este ámbito que consoliden la fiabilidad depositada en el emprendimiento. El modelo sobre el cual se basa este plan de acción es el de los desarrolladores externos o *skunkworks* de empresas tecnológicas que desarrollan nuevas prestaciones o mejoras incrementales a un servicio, las cuales son requeridas por empresas de mayor envergadura y capacidad instalada. El modelo de negocios, desde este punto de vista, promueve la utilidad de un modelo de transferencia susceptible de escalarse para convertirse en un indicador de calidad para el área de la construcción y las instalaciones técnicas de acondicionamiento ambiental de departamentos.

### 5.3. Indicadores de rentabilidad

#### 5.3.1. Análisis Valor Activo Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

El indicador TIR demuestra un proyecto que es sensible a la inversión. En una primera versión el indicador era muy alto producto de una sobreestimación del mercado, no obstante, por la estructura de costos, un aumento proporcional de la inversión haría que el proyecto fuese más rentable en virtud de los recursos requeridos para su implementación. La tasa de recuperación del 21,1% está en un rango de fiabilidad con lo cual mitigar el impacto de la deuda que afecta la recuperación de la inversión inicial y la credibilidad del proyecto frente a posibles inversionistas.

<b>TASA DE DESCUENTO</b>		<b>12,00%</b>		
Periodo	Flujo de efectivo neto		<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
0	-2.000.000		<b>\$3.704.336,33</b>	<b>21,16%</b>
1	-27.027.016			
2	44.329.656		Valor actual Neto	
3	25.867.656		Tasa Interna de Retorno	
	11.170.296			

#### 5.3.2. Análisis tasa de descuento del Proyecto (WACC)

El proyecto se basa en una inversión inicial con compromiso de deuda que es superior al capital inicial aportado por los socios, lo que implica un mayor riesgo para la empresa en sus primeros años hasta que se haya completado la deuda. La empresa tiene fondos propios que suman \$3.550.000 CLP y una deuda de \$4.800.000 CLP con una tasa impositiva del 23% (Cálculo que se hizo por sobre la media de oferta de créditos consultada). La empresa, por el rubro al que pertenece, tiene un Beta de 1,05 correspondiente al ámbito de control ambiental y acondicionamiento -valor considerado indicador de riesgo- y esto arroja como resultado un Beta apalancado de 2,14 y una rentabilidad de 6,26%. De ello, se puede colegir que el valor de la empresa se obtiene de un flujo de caja con descuentos a un 16,42%.

Deuda Exigible/Patrimonio				
Beta unleverage (Damodaran)	1,05	Control ambiental y acondicionamiento		
Prima por riesgo (Chile). A1	6,26%		D/E	1,352112676
Tasa libre de riesgo BCP 10 años (Bcentral)	2,30%	07-08-2020		\$ 8.350.000
D	\$ 4.800.000			
E	\$ 3.550.000			
TASA DE IMPUESTOS	23%			
BETA LEVERAGE	2,14			
				\$ 4.800.000
Costo de deuda (antes de impuestos)	22%			\$ 2.000.000
Costos de deuda (después de impuestos)	16,94%			
Prima por riesgo de mercado	6,26%			
Costo del Patrimonio (CAPM)	15,72%			
Fondos propios	43%			
Fondos ajenos	57%			
WACC	16,42%			

Entre los factores del valor obtenido, se considera el modelo estimado de ventas permite una participación de mercado restringida por los bajos costos de implementación. Una estimación preliminar tenía un indicador TIR muy alto producto de una sobreestimación de la participación del mercado, y se realizó un ajuste conforme a la condición de riesgo del proyecto y su nivel de endeudamiento. Esto podría ser modificado por un precio de venta de los servicios más elevado, pero ello conduciría a un rango fuera de los estándares de mercado para su rubro.

### 5.3.3. Conclusiones preliminares a prospección financiera

El proyecto tiene un alto grado de experimentación, y riesgo, producto de sus indicadores y también del ámbito al que adscribe. No obstante, es sensible a la inversión y por sus bajos costos operativos puede tener un mejor rendimiento proporcional a la inversión tras los resultados de una primera iteración. Por ello, los activos de conocimiento y datos que son determinantes en un proyecto de investigación para la transferencia tecnológica son parte importante de la valoración de la empresa, y constituyen una forma de aportar valor a una empresa de bajo capital de inversión inicial y deuda contraída.

En tanto la empresa tiene indicadores de deuda producto de sus compromisos financieros con el banco, factor que afecta su rendimiento, pero esto es fácilmente contrarrestable al expandir sus alternativas de venta y el precio de mercado. La posibilidad de incrementar el aporte inicial, con un fondo de fomento a proyectos de alto riesgo y orientados a innovación tecnológica, también está en directa incidencia con el rendimiento de la empresa y la fiabilidad

de sus resultados porque implica una valoración de sus activos de conocimiento y el prestigio de marca asociado a las empresas que suscriban el proyecto.

Incurrir en un método para incrementar la tasa de retorno solamente basado en ventas, no obstante, es desaconsejable por cuanto los entregables de plan básico tienen un costo marginal en el ingreso, y se hace necesario orientar la estrategia de crecimiento hacia la suscripción de planes premium que permitan un crecimiento de la empresa proporcional al ingreso, y que permita una mejor capitalización por la inyección de recursos. Las utilidades que obtenga la empresa están en directa relación con el robustecimiento de su capacidad instalada, y su competitividad.

## 6. CONCLUSIONES

---

### 6.1. Conclusiones a la etapa de antecedentes y problematización

La primera reflexión que cabe destacar en una mirada retrospectiva a un proceso que se ha prolongado por más de un año, en gran medida por los factores exógenos e imprevisibles de una crisis sanitaria que ha puesto a prueba a la sociedad en su conjunto, es la constatación de una conciencia sostenible que se conjuga con la mirada crítica al contexto cultural y político del país. Ya en octubre del año 2019, el fenómeno social que los medios calificaron como estallido trajo a la discusión vigente tópicos que parecían relegados a la documentación histórica, referidos a la institucionalidad que rige el país desde la década de 1980, y dio renovada actualidad a la preocupación por el espacio comunitario, la vivienda y el derecho a la calidad de vida. En lo práctico, los indicadores de actividad inmobiliaria de la Cámara Chilena de la Construcción expresamente indican que el período comprendido entre el último trimestre de 2019 y finales de 2020 fue uno de recesión y no representativo de las tendencias de crecimiento sostenido que venía experimentando el área. Los casos elegidos (ver anexo) por ende, corresponden al período anterior a fines de 2019 para una representación más fidedigna del escenario descrito en los antecedentes del problema.

La discusión bibliográfica que sustenta el presente estudio sirvió en una primera instancia al modelamiento del problema -bajo un enfoque académico – desde la dimensión social, política y cultural que antecede a la técnica, de manera contraria a las dinámicas del determinismo tecnológico en que la sociedad, las leyes y los gobiernos siguen el curso de las innovaciones conforme éstas catalizan nuevas conductas y medios para la sociabilidad que devienen en cultura e identidad, por cuanto la historia expresamente reconoce en el caso de Chile las circunstancias anómalas en que se trazó la política de vivienda hacia los años posteriores, y las prácticas de un mercado con pocas regulaciones. Hoy, no obstante, a la luz de un mundo que puede salvar tales coerciones mediante redes de comunicación ubicuas, la preocupación por los problemas de la ciudad, las prácticas cuestionadas del mundo corporativo y la puesta en discusión de nuevos conceptos de la propiedad y el bien común plantean un escenario distinto al problema enunciado. Tal como el arquitecto y doctor en urbanismo Josep María Montaner se pronunció respecto de la resignificación de la vivienda en las postrimerías de la

severa crisis económica que afectó a España durante la primera década de este siglo, anunciando el fin de los atavismos conservadores y prejuicios respecto del concepto de familia y espacio doméstico compartido que inspiró la exploración de nuevas tipologías<sup>26</sup>, hoy un mundo que vuelve de largos confinamientos y control, que contrastan con cada vez más frecuentes expresiones masivas de descontento, imprime urgencia al desarrollo de nuevos atributos de bienestar y satisfacción en el habitar, y probablemente los modelos de vivienda en altura que sirvieron a la mirada crítica de la presente tesina podrían ser muy distintos en un futuro cercano.

No son sólo las circunstancias políticas ni de pandemia las que apuntan esta coyuntura; los medios masivos han hecho eco reciente de la sensibilidad pública respecto de lo inaccesible que resulta la vivienda en el escenario actual, y cómo en gran medida éste ha dejado de ser un proyecto de realización personal para convertirse en un bien transitorio, en una dinámica que atenta contra la sostenibilidad de un entorno urbano donde puedan establecerse comunidades y vecindarios orgánicos. Un mejor aprovechamiento de la energía bajo nuevos conceptos de servicio orientados ya no al usuario -como lo ha instalado tan categóricamente el diseño del siglo XX—sino a la ciudad, cuyas transformaciones tienen una amplitud mayor de ciclos de tiempo que son, en sí, más sostenibles en su perdurabilidad. Concebir las construcciones y las grandes estructuras de vivienda como cuerpos adaptables y resilientes, es menos un acto ideológico que el curso natural de la técnica que llama a alianzas interdisciplinarias más extendidas y profundas. En lo político, en lo normativo, en los indicadores de bienestar y el uso consciente de los recursos, nuevos modelos colaborativos de gestión podrían dejar obsoleta incluso aquella noción de resolver todas las fricciones de la técnica con certificaciones de procesos que tienden a acrecentar la barrera de exclusión por asimetrías en acceso a la información, lo que cada vez tiende al descrédito en la opinión pública.

---

<sup>26</sup> Ideas plasmadas en su libro “La Arquitectura de la vivienda colectiva” Ed. Reverté, 2015

## 6.2. Conclusiones a la etapa de metodología y experimentación

Las ideas expresadas en el punto anterior sirven de base a la síntesis concluyente de la etapa aplicada del proceso, en el orden que tales ideas fueron dirigiendo la mirada conceptual para precisar el ámbito de exploración. Es la etapa que tuvo la mayor iteración, ya que la hipótesis tecnológica fue ajustada conforme a las constataciones del estudio, los consejos de la profesora guía Nataly Silva y de los especialistas y profesionales que también asistieron con sus opiniones y comentarios el proceso. En etapas tempranas, el diseño del experimento estaba orientado a evaluar el rendimiento de transmitancia térmica en elementos tectónicos (primero enfocado en el comportamiento del muro, y luego de la ventana como elemento constructivo) para reemplazar las prestaciones de dispositivos de evaluación ya existentes de alto costo, pero cuya utilidad no se justificaba en el marco del problema: las propiedades de la envolvente, en su condición material, están ya categorizadas por los estándares de comportamiento térmico y transferencias de calor y en sí mismo era de menor relevancia que explorar la utilidad de un modelo de comunicación de datos para monitorización en torno a una variable simple, pero susceptible de ser desarrollado en lo posterior.

Esta decisión, producto del aprendizaje, fue determinante para el modelamiento conceptual del problema y, a su vez, el prospecto de solución al mismo que resultaba mucho más coherente con la dirección a que apuntaba el enfoque político, económico y social. Los atributos de producto tácitamente representados en el modelamiento conceptual remitían a un entregable bastante convencional en su usabilidad, pensando en la capacidad técnica o financiera del residente de contratar las prestaciones de un servicio para sí, cuya utilidad no adquiere una real dimensión sino concibiendo el bloque de vivienda como un todo integral, que acusa desigualdades y condiciones muy dispares de confortabilidad que son producto de la lógica de mercado. Concebir al edificio -o vale decir -la comunidad residente como beneficiario de la utilidad del servicio y su propuesta de valor transforma también los mecanismos de gestión de la iniciativa proyectual. En el curso actual de las actividades en torno a este estudio, que siguen al cierre de este documento, se estudian otros prototipos para complementar las prestaciones de la plataforma ya operativa y abordar un diseño más íntegro respecto de la problemática declarada y sus actores.

En paralelo, se entablaron conversaciones con la

### **6.3 Conclusiones a la etapa de modelo de negocios y prospección financiera**

El estudio del modelo de negocios se realizó de manera paralela a la primera parte de esta investigación, de manera consistente al modo en que el estudio del contexto político y económico proporcionaba un marco de reflexión en torno a la propuesta de valor, los posibles actores estratégicos y la ideación del servicio. De igual forma, la revisión de casos aleatorios en la oferta fue sobre la base de un enfoque crítico social, más no excluyente de la posibilidad de comprometer a la industria en prácticas sostenibles que contribuyan a revalorizar el producto inmobiliario. En efecto, la aspiración del presente proyecto plasmada en sus objetivos es tender las alianzas mediante las cuales el resultado efectivo sólo se puede alcanzar con la concurrencia de diversos actores de la construcción, la producción del espacio arquitectónico, el diseño de componentes para la edificación y las ingenierías dedicadas a las energías renovables.

De las reflexiones en torno a la técnica y el concepto de solución emanado del trabajo de campo, se desprende también una estrategia más efectiva inicial de ingresos por licenciamiento, confiriendo una mayor relevancia a la inversión de activos nominales en el producto plataforma, que encierra el capital de conocimientos invertido por la empresa desarrolladora Phineal SpA, pero que ha tenido dificultades en promover más allá del ámbito científico académico y exploratorio. El laboratorio de monitorización instalado en las dependencias de Sercotec Puerto Varas, es un activo de conocimiento tecnológico producto de la alianza con la entidad gubernamental. Aspirar tender vínculos estratégicos con el sector público y privado que tengan una capacidad instalada y un grado de involucramiento en la producción inmobiliaria es un aliciente a este propósito, pero sin dejar de lado el campo fecundo de exploración que proveen las entidades formadoras de conocimiento y los centros de investigación. A este respecto, la hoja de ruta del proyecto también está en permanente proceso de iteración y ajuste, y será el camino para consolidar el prospecto emanado en el recorrido de esta idea.

### III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- A.B. SHEPHERD & W.J. BAT (2003) "Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities". *Building Serv. Eng. Res. Technol.* 24,1 (2003) pp. 35–45
- ANDREUCCI D., GARCÍA-LAMARCA M., WEDEKIND J. AND SWYNGEDOUW E. (2017) "Value grabbing: A political ecology of rent". *Capitalism Nature Socialism* 28(3): 28–4 (online)
- ALCOTT, B., GIAMPIETRO, M., MAYUMI, K., & POLIMENI, J. (2012). *The Jevons paradox and the myth of resource efficiency improvements*. Routledge.
- BUNSTER, V., & NOGUCHI, M. (2015). Profiling space heating behavior in Chilean social housing: towards personalization of energy efficiency measures. *Sustainability*, 7(6), 7973-7996.
- BREESCH, H., & JANSSENS, A. (2005, August). Building simulation to predict the performances of natural night ventilation: uncertainty and sensitivity analysis. In *Pro. 9th Int. IBPSA Conf.*
- BUSTAMANTE W., ROZAS J., CEPEDA R., ENCINAS F., MARTÍNEZ P. (2009) *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) Chile. Programa País de Eficiencia Energética (PPEE)
- CLARK, B., & FOSTER, J. B. (2001). William Stanley Jevons and the coal question: An introduction to Jevons's "Of the Economy of Fuel". *Organization & Environment*, 14(1), 93-98.
- COOK, D. J., & DAS, S. K. (2007). How smart are our environments? An updated look at the state of the art. *Pervasive and mobile computing*, 3(2), 53-73.
- BRAUN, J.E., MONTGOMERY, K.W., CHATURVEDI, N. (2001). Evaluating the Performance of Building Thermal Mass Control Strategies. *HVAC&R Research*, vol. 7, no. 4. October 2001. EE.UU. Taylor & Francis.
- D'ALENÇON, RENATO (2008). *Acondicionamientos: Arquitectura y técnica*. Santiago de Chile. Ediciones ARQ.
- DAHER, ANTONIO (1991) "Neoliberalismo urbano en Chile". *Revista de estudios públicos*, N°43. Centro de Estudios Públicos. Santiago, Chile. pp. 281-299
- online
- ENCINAS, FELIPE (2012) *Probabilistic analysis of passive cooling strategies and occupant behavior for improving the summer comfort conditions in apartments of the Santiago real estate market*. Thèse

présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en art de bâtir et urbanisme. UCL Presses Universitaires de Louvain. Louvain, BE. Université Catholique de Louvain.

ENCINAS F., AGUIRRE C., TRUFFELLO R., HIDALGO R. (2019) "Especulación, renta de suelo y ciudad neoliberal. O por qué con el libre mercado no basta". *ARQ*, N°102. Agosto 2019. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Pp 120-133

ENCINAS, F., DUARTE, C. M., & AGUIRRE, C. (2018). ¿Cuánto importa el etiquetado energético residencial en los mercados emergentes? Evaluación de las preferencias declaradas sobre sustentabilidad en el mercado inmobiliario de Santiago de Chile. In *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual (CTV)*.

GIMÉNEZ, PILAR. & GACITÚA, GONZALO. (2012) *Hacia una nueva política urbana para Chile. Vol.1 Antecedentes históricos*. MINVU. Santiago, Chile.

HASHEMIAN, H. M. (2010). State-of-the-art predictive maintenance techniques. *IEEE Transactions on Instrumentation and measurement*, 60(1), 226-236.

HERRMANN, G. Y VAN KLAVEREN, F. (2013). "¿Cómo densificar? Problemas y desafíos de las tipologías de densificación en la ciudad de Santiago". *Revista 180*, 31, 38-46

HERTWICH, E. G. (2005). Consumption and the rebound effect: An industrial ecology perspective. *Journal of industrial ecology*, 9(1-2), 85-98.

HIDALGO R., SANTANA D., ALVARADO V. (2016) "Mitos, Ideologías y utopías neoliberales de la producción del espacio: Hacia una agenda de investigación alternativa. En las costas del neoliberalismo. Naturaleza, urbanización y producción inmobiliaria: Experiencias en Chile y Argentina. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Santiago, Chile. PP. 24-66

KRUGMANN, H., & GOLDEMBERG, J. (1983). *The energy cost of satisfying basic human needs. Technological forecasting and social change*, 24(1), 45-60.

LLADÓ, MARCELA (2016) Crecimiento Inmobiliario en el Borde Costero de Valparaíso. Análisis de los casos de Reñaca, Concón y Algarrobo, Mirasol. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Urbanismo. Repositorio Universidad de Chile. Santiago, Chile

LOVINS, A. (2017). Energy efficiency. *Energy Economics*. NY, U.S.: Routledge Publishings. PP. 234.

MIDDLEMISS L., AMBROSIO-AMBALÁ P., EMMEL N., GILLARD R., GILBERTSON J., HARGREAVES T., MULLEN C., RYAN T., SNELL C., TOD A., (2019) "Energy poverty and social relations: A capabilities approach". *Energy research and social science* (55). Leeds, UK: Sustainability Research Institute

Institute of Leeds. PP. 227-235 (en línea) <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.002> (Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021)

NICOL, F., HUMPHREYS, M. & ROAF, S. (2012). *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. London, UK. Earthscan

PACHAURI, SHONALI. & SPRENG, DANIEL. (2004) "Energy use and energy Access in relation to poverty". *Economic and Political Weekly*. Vol. 39, No. 3 (Jan 17.23). *Economic and Political Weekly*. pp. 271-278 (en línea) <https://www.jstor.org/stable/4414526> (Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2019)

REY, FRANCISCO & VELASCO, ELOY. *Eficiencia energética en edificios*. Madrid, España: Thomson Editores. 2006. p. 12

SHEPHERD, A. B., & BATTY, W. J. (2003). Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities. *Building Services Engineering Research and Technology*, 24(1), 35-45.

THOMAS, M. S., KUMAR, P., & CHANDNA, V. K. (2004). Design, development, and commissioning of a supervisory control and data acquisition (SCADA) laboratory for research and training. *IEEE Transactions on power systems*, 19(3), 1582-1588.

TORO, CARLOS (2011). "Desarrollo De Un Modelo De Valor Para Clientes De Un Producto Inmobiliario Mediante La Metodología De Kano," *LARES lares-2011-533-759-1-rv*, Latin American Real Estate Society (LARES). (online)

VERGARA-PERUCHICH, F., AGUIRRE, C., ENCINAS, F., TRUFFELLO, R., & LADRÓN DE GUEVARA, F. (2020) *Contribución a la economía política de la vivienda en Chile*. Santiago, Chile: RiL Editores. pp. 17-24

VICUÑA, MAGDALENA (2013) "El marco regulatorio en el contexto de la gestión empresarialista y la mercantilización del desarrollo urbano del Gran Santiago". *Revista INVI*, 28(78), Santiago, Chile. pp. 181-209

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC) (2013) "Eficiencia energética en viviendas" Noticias: 12 de junio de 2013. Sitio web Cámara Chilena de la Construcción: <https://www.cchc.cl> (en línea) <https://www.cchc.cl/comunicaciones/noticias/35435-eficiencia-energetica-en-viviendas> (fecha de consulta: 7 de septiembre de 2019)

El mostrador. "De guetos verticales y el tipo de ciudad que queremos" por Alberto Undurraga. Sábado 2 febrero de 2019. (en línea) <https://www.elmostrador.cl/destacado/2019/02/02/de-guetos-verticales-y-el-tipo-de-ciudad-que-queremos/> (fecha de consulta: 14 de septiembre de 2019)

## ANEXOS

### Anexo 1 – Valores de resistencia térmica RT transmitancia térmica o referencial para soluciones constructivas genéricas

Solución constructiva	Resistencia térmica (Rt)	Transmitancia térmica (U)
	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K
Albañilería de ladrillo artesanal de 285 x 143 x 58 mm, cantería 20 mm	0,37	0,64
Albañilería de ladrillo artesanal de 285 x 143 x 58 mm, cantería 20 mm, estuco de 25 mm en ambas caras.	0,41	2,41
Albañilería de ladrillo artesanal de 285 x 143 x 58 mm, cantería 20 mm, estuco y revestimiento con interior de fibrocemento y poliestireno expandido 30mm	1,11	0,90
Albañilería de bloques de hormigón de 190mm x 140 mm, sin aislamiento, junta de mortero menor o igual a 14 mm	0,32	3,10
Albañilería de bloques de hormigón de 190mm x 140 mm, con estuco exterior o interior 15 mm	0,33	3,00
Muro de hormigón armado de espesor 130 mm, sin aislante térmico	0,25	4,00
Muro de hormigón armado de espesor 260 mm, sin aislante térmico	0,33	3,00
Tabique estructura metálica galvanizada 60 mm, yeso cartón interior 12,5 mm, OSB 9,5 mm exterior, aislamiento poliestireno expandido 50 mm (10 kg/m <sup>3</sup> ), barreras de vapor y humedad	1,36	0,36

Reciprocidad de resistencia y transmitancia térmica. valores estándar según componentes de la envolvente en soluciones constructivas. (D'Alençon, 2008)

## Anexo 2 – Muestra aleatorio de departamentos en oferta (Planta tipo piso piloto)

**Proyecto Clic Departamentos** Código 8163  
Purísima 050, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
22.76 a 32.96 m<sup>2</sup> total...



2 dormitorios  
2 baños  
48.49 a 62.22 m<sup>2</sup> total...



3 dormitorios  
2 baños  
68.34 m<sup>2</sup> totales

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR** 53,7  
**PORCENTAJE (%) RASGOS** 31,6



Unidad  
1618

65.14 m<sup>2</sup> útiles | 3.2 m<sup>2</sup> terraza | 68.34 m<sup>2</sup> totales

3 dormitorios

2 baños

Norte

Piso 16

**Proyecto Sinergia Souper** Código 8673  
Coronel Souper 4173, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
34.84 a 35.54 m<sup>2</sup> total...



2 dormitorios  
1 baños  
45 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
2 baños  
49.88 a 50.89 m<sup>2</sup> total...

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR** 29,6  
**PORCENTAJE (%) RASGOS** 21,2



Unidad  
411

42.43 m<sup>2</sup> útiles | 5.14 m<sup>2</sup> terraza | 45 m<sup>2</sup> totales

2 dormitorios

1 baños

Norte

Piso 4

**Proyecto Sinergia Souper** Código 8673  
Coronel Souper 4173, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
34.84 a 35.54 m<sup>2</sup> total...



2 dormitorios  
1 baños  
45 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
2 baños  
49.88 a 50.89 m<sup>2</sup> total...

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR** 56,2  
**PORCENTAJE (%) RASGOS** 25,7



Elige una unidad  
407

47.695 m<sup>2</sup> útiles | 4.37 m<sup>2</sup> terraza | 49.88 m<sup>2</sup> totales

2 dormitorios

2 baños

Norte

Piso 4

**Proyecto Edificio Las Rejas Plaza** Código 5965  
 Av. María Rozas Velásquez 51 (Ex Las Rejas Norte), Estación Central

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR 28,0**  
**PORCENTAJE (%) RASGOS 25,8**



1 dormitorios  
 1 baños  
 32.74 a 33.51 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
 1 baños  
 41.08 a 41.19 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
 2 baños  
 48.52 a 52.89 m<sup>2</sup> total...



Elige una unidad

2101

30.65 m<sup>2</sup> útiles | 2.86 m<sup>2</sup> terraza | 33.51 m<sup>2</sup> totales

1 dormitorios

1 baños

Norte

Piso 20

**Proyecto Edificio Las Rejas Plaza** Código 5965  
 Av. María Rozas Velásquez 51 (Ex Las Rejas Norte), Estación Central

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR 68,2**  
**PORCENTAJE (%) RASGOS 26,9**



1 dormitorios  
 1 baños  
 32.74 a 33.51 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
 1 baños  
 41.08 a 41.19 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
 2 baños  
 48.52 a 52.89 m<sup>2</sup> total...



Elige una unidad

205

51.47 m<sup>2</sup> útiles | 1.42 m<sup>2</sup> terraza | 52.89 m<sup>2</sup> totales

2 dormitorios

2 baños

Norte

Piso 2

**Proyecto Edificio Vista Central** Código 6858  
 San Gumerciendo 77, Estación Central

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR 46,2**  
**PORCENTAJE (%) RASGOS 18,4**



1 dormitorios  
 1 baños  
 25.13 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
 2 baños  
 47.31 a 58.55 m<sup>2</sup> totales



3 dormitorios  
 2 baños  
 63.55 m<sup>2</sup> totales



Unidad

309

59.89 m<sup>2</sup> útiles | 3.66 m<sup>2</sup> terraza | 63.55 m<sup>2</sup> totales

3 dormitorios

2 baños

Norte

Piso 3

### Proyecto Constantino 141 Código 8544

Constantino 141, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
16.87 a 27.9 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
1 baños  
35.96 a 41.74 m<sup>2</sup> totales

### PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR PORCENTAJE (%) RASGOS



Elige una unidad

1013

26.65 m<sup>2</sup> útiles | 1.25 m<sup>2</sup> terraza | 27.9 m<sup>2</sup> totales

1 dormitorios

1 baños

Norte

Piso 10

### Proyecto Constantino 141 Código 8544

Constantino 141, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
16.87 a 27.9 m<sup>2</sup> totales



2 dormitorios  
1 baños  
35.96 a 41.74 m<sup>2</sup> totales

### PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR PORCENTAJE (%) RASGOS

48,8

28,1



Elige una unidad

1206

39.13 m<sup>2</sup> útiles | 2.61 m<sup>2</sup> terraza | 41.74 m<sup>2</sup> totales

2 dormitorios

1 baños

Norte

Piso 12

### Proyecto Abtao 24 Código 7889

Abtao 24, Estación Central



1 dormitorios  
1 baños  
22.77 a 34.05 m<sup>2</sup> total...



2 dormitorios  
1 baños  
41.11 a 45.5 m<sup>2</sup> totales

### PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR PORCENTAJE (%) RASGOS

24,1

22,3



Elige una unidad

1208

27.66 m<sup>2</sup> útiles | 1.92 m<sup>2</sup> terraza | 29.58 m<sup>2</sup> totales

1 dormitorios

1 baños


Norte

Piso 12

Proyecto Abtao 24 Código 7889  
Abtao 24, Estación Central

**PORCENTAJE (%) LÍMITE EXTERIOR 27,8**  
**PORCENTAJE (%) RASGOS 26,7**


 1 dormitorios  
1 baños  
22,77 a 34,05 m<sup>2</sup> total...

 2 dormitorios  
1 baños  
41,11 a 45,5 m<sup>2</sup> totales



Elige una unidad

309

 39,46 m<sup>2</sup> útiles | 2 m<sup>2</sup> terraza | 41,46 m<sup>2</sup> totales

 2 dormitorios

 1 baños

 Norte

 Piso 3

Las imágenes de esta muestra fueron obtenidas del sitio Portal Inmobiliario y son proyectos en venta con anterioridad a diciembre del año 2019 por las razones desarrolladas en los antecedentes de la problematización. (Fuente: <https://www.portalinmobiliario.com>)

