ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: http://www.researchgate.net/publication/262743432

Validación del reacondicionamiento térmico de viviendas para la reconstrucción pos-terremoto 2010: Dichato, Chile

ARTICLE · NOVEMBER 2013

DOI: 10.4067/S0718-915X2013000200005

DOWNLOADS
32

VIEWS
46

6 AUTHORS, INCLUDING:

Rodrigo Garcia Alvarado
University of Bío-Bío
65 PUBLICATIONS **5** CITATIONS

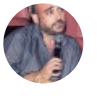
SEE PROFILE

Maureen Trebilcock
University of Bío-Bío
28 PUBLICATIONS **8** CITATIONS

SEE PROFILE

Flavio Celis
University of Alcalá
31 PUBLICATIONS **11** CITATIONS

SEE PROFILE



Ernesto Echeverría Valiente
University of Alcalá
46 PUBLICATIONS **12** CITATIONS

SEE PROFILE

Available from: Maureen Trebilcock
Retrieved on: 13 August 2015

Validation of Thermal Improvements in Housing for the Reconstruction Process Post-2010's Earthquake. Dichato, Chile

Validación del reacondicionamiento térmico de viviendas para la reconstrucción pos-terremoto 2010. Dichato, Chile

Autores

ESCORCIA OYOLA, O. Universidad Nacional de Colombia
Carrera 45 Nº 26-85, Edificio Uriel Gutiérrez, Bogotá D.C., Colombia
oescorciao@unal.edu.co

GARCÍA ALVARADO, R. Universidad del Bío-Bío, Chile

TREBILCOCK KELLY, M. Universidad del Bío-Bío, Chile

CELIS, F. Universidad de Alcalá de Henares, España

ECHEVERRÍA, E. Universidad de Alcalá de Henares, España

SÁNCHEZ, R. Universidad del Bío-Bío, Chile

Fecha de recepción 4/7/2012

Fecha de aceptación 1/8/2013

Código interno RDLC 0065

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 54 20-11-13 16:37

Resumen

La importante participación de la vivienda en el consumo energético en Chile justifica estudiar sus posibilidades de mejoramiento, especialmente en los programas de reconstrucción que están resolviendo el déficit habitacional y el reacondicionamiento térmico, implementados después del terremoto del 27 de febrero 2010. Este artículo es parte del proyecto "Diseño Integrado para la Reconstrucción de Viviendas Energéticamente Eficientes" (Conicyt-MEL 8110003) y expone una estrategia de diagnóstico y evaluación para el mejoramiento térmico a través de revestimientos exteriores para viviendas de bajo costo en zonas de reconstrucción. Desarrolla un análisis y solución de envolvente térmica aplicables en regiones más afectadas por el terremoto en el centro-sur de Chile (Maule, Biobío y Araucanía); presenta un caso de estudio con métodos cuantitativos para la validación técnica y económica de una propuesta de mejoramiento térmico, y métodos cualitativos para la validación social de los actores implicados. Los resultados confirman una estrategia que puede contribuir a reducir consumos y desarrollar actitudes capaces de orientar a la promoción de la eficiencia energética. Las conclusiones pueden ser generalizables y las experiencias aplicables a otras regiones, atendiendo sus respectivas condiciones particulares..

Palabras clave: Mejoramientos térmicos, revestimiento exterior, vivienda.

Abstract

The relevant participation of dwellings in the overall energy consumption in Chile, justifies the study of improvement opportunities, especially in reconstruction programs that are solving the housing deficit and the thermal retrofitting implemented after the earthquake on February 27th 2010. This article, which is part of the research project "Integrated Design for the Reconstruction of Energy Efficient Dwellings" (Conicyt-MEL 8110003) And expose a strategy of diagnosis and evaluation to the thermal improvement through outer envelops for low cost housing located in reconstruction areas. It develops an analysis and solution for the thermal envelop that can be applied in the earthquake's most affected regions in the central-south areas of Chile (Maule, Biobío and Araucanía). It presents a case study with quantitative methods for the technical and financial validation of a proposal for thermal improvement, and qualitative methods for the social validation of the involved actors. The results confirm a strategy that may contribute in the reduction of the consumption and developing attitudes able to direct towards the promotion of energy efficiency. The outcomes may be generalized and the experiences can apply to other regions, looking after their particular conditions

Keywords: *Thermal improvement, outer envelops, dwelling.*

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 55 20-11-13 16:37

1. Introducción

Chile es un país importador de recursos y en gran parte dependiente de combustibles fósiles. Hoy avanza en estrategias de eficiencia energética (EE), donde el sector residencial tiene una significativa participación en el consumo de energía, aproximadamente una cuarta parte del consumo nacional (Ministerio de Energía, 2011). El terremoto del 27F sumó exigencias a dichas estrategias, enfocadas al mejoramiento térmico de las viviendas. El Plan de Acción de Eficiencia Energética 2012-2020 (PAEE20) lo destaca, incluyendo al sector de la edificación y particularmente a la vivienda social, en una estrategia que busca mejorar la calidad energética, especialmente en edificaciones construidas. En esa dirección, PAEE20 (2012) reconoce acciones eficaces para la reducción del consumo mediante estrategias pasivas y el desarrollo de energías limpias y renovables que coinciden además con las políticas de mejoramiento térmico de envolventes (muros, ventanas, techumbre y pisos) de las viviendas existentes, y de las nuevas que se construyen, con el fin de suplir el déficit producido por el terremoto del 27 de febrero de 2010[1]. Actualmente, después de la entrada en vigencia de la segunda etapa de la Reglamentación térmica (RT), en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Art. 4.1.10. OGUC (2007), estudios nacionales (CChC, 2010) señalan que el 86% de las viviendas se construyeron antes de la entrada en vigencia de la RT, donde el 13% puede considerarse con aislación en techumbre según la primera etapa de la RT que entró en vigor el 2000, mientras solo el 2% cumple con la RT que entró en vigor el 2007. Actuar sobre la envolvente de las viviendas encuentra argumento en investigaciones (Teo *et al.,* 2011) que resaltan la necesidad de intervenir con medidas que mitiguen los impactos al calentamiento global y favorezcan la demanda constante de confort de los habitantes, asumiendo la responsabilidad de optimizar el presupuesto nacional habitacional y energético en cada país. Considerando la suposición según la cual: "ahorrar calor es más barato que producirlo" AChEE (2010), y sugiriendo además al Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU[2]) estrategias para gestión sostenible, que todavía carecen de comprensión en pobladores y profesionales.

En una primera etapa de esta investigación, en un caso de estudio se ha revisado una serie de parámetros incidentes en la determinación del potencial energético y económico de los mejoramientos, señalando oportunidades de intervención y considerando tipologías arquitectónicas de la zona de estudio, regiones del Maule, Biobío y Araucanía, más afectadas por el 27F. Contemplando características constructivas y térmicas predominantes, evaluando factores técnicos y económicos propuestos, y planteando finalmente una fórmula de retorno de la inversión con los ahorros estimados por consumo. Pero la práctica indica que los edificios no se desempeñan según lo previsto en simulación de diseño y con frecuencia su desempeño se desmejora en el tiempo. Las razones involucran factores como una construcción defectuosa, control deficiente de equipos, hábitos de calefacción, ventilación y ocupación no regulados y otros de gestión en su implementación. Por lo anterior, resulta necesario además consultar antes y después de realizar intervenciones a viviendas objeto de estudio, la actitud, disposición y compromiso de los actores sociales, gubernamentales, diseñadores y constructores, implicados en el mejoramiento térmico de viviendas sociales, en un ejercicio que permita evaluar su participación. De ahí que el objetivo de esta investigación y resultado de este artículo sea aproximar estudios con la realidad de los desempeños energéticos, proponiendo una intervención específica de revestimiento térmico exterior; en una estrategia que combine métodos cuantitativos y cualitativos para el mejoramiento energético de viviendas sociales que potencien en particular, la participación de usuarios, y en general, la colaboración del sector productivo, la investigación en la universidad y la integración de las entidades públicas en esta labor.

2. Diseño de la investigación

Diversas experiencias recientes de evaluación de viviendas existentes para su mejoramiento energético (Williams *et al.*, 2011; Evins *et al.*, 2012; Teo *et al.*, 2011a) han demostrado la factibilidad de realizar estudios generales de simulación y de actitudes de usuarios que permiten identificar condiciones específicas de intervención: coinciden en la rehabilitación de envolventes y equipamientos, advirtiendo la necesidad de consultar socialmente, revisar los impactos y considerar una aproximación diferenciada en demandas y consumos. La influencia que los hábitos de los usuarios tienen efectivamente en el desempeño energético de las viviendas (León *et al.*, 2010), obligan a integrar acciones de tratamiento de las características físicas de los edificios con las actitudes y las acciones de residentes, profesionales diseñadores, constructores y funcionarios fiscalizadores, tanto en las fases de dise-

1 El déficit se incrementó en un 45.9% en 2010 respecto al año anterior, lo cual modificó sustancialmente la manera como venía resolviéndose el déficit habitacional en Chile y el reacondicionamiento térmico de viviendas.

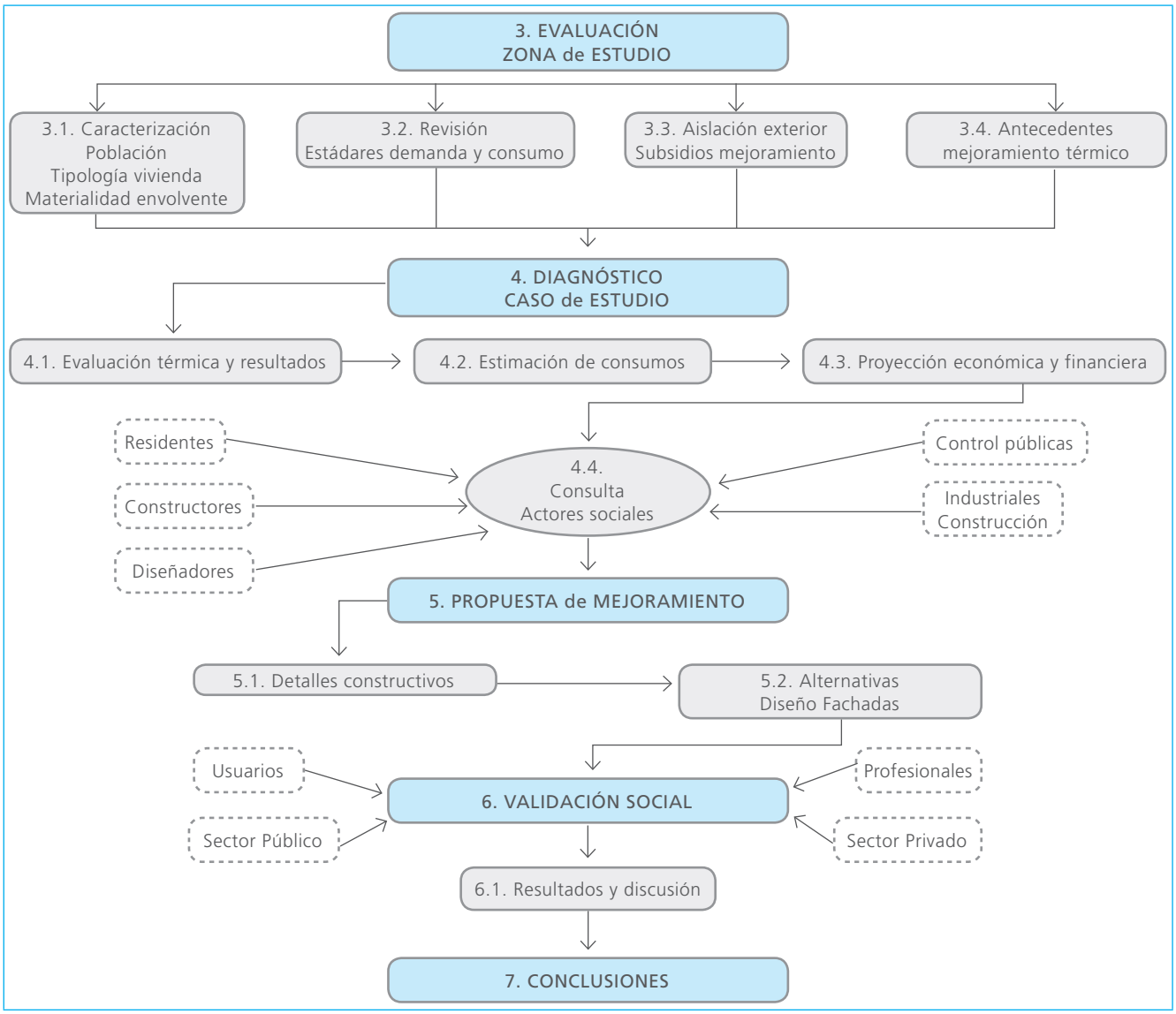
2 Cfr. Servicios de Vivienda y Urbanismo, Chile, controla la vivienda social del país. http://www.minvu.cl/opensite_20070328160124.aspx

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 56 20-11-13 16:37

ño y construcción, como en operación y vida útil. Kyrö *et al.* (2012) acompaña el comportamiento de edificios con las acciones de los usuarios mediante encuestas, y destaca una visión holística y sistémica del problema energético, integrando estudios cuantitativos y cualitativos, en una dinámica que puede tener un impacto significativo para enseñar a comprender el desempeño energético de las viviendas, integralmente, cara a los reducidos resultados obtenidos en los antecedentes de intervenciones revisados en la zona de estudio.

Con esos antecedentes, se presenta la metodología general para la evaluación, diagnóstico y propuesta de un modelo a escala para calificar desempeños energéticos frente a las condiciones prospectadas y valorar actitudes de actores sociales implicados (Figura 1). Reúne actividades que combinan, de manera interactiva, técnicas cuantitativas de simulación con cualitativas que recaban, durante el desarrollo, la percepción y actitudes de usuarios (propietarios y/o residentes), profesionales (constructores, arquitectos e industriales) y agentes públicos (funcionarios del Serviu). La metodología que estructura este estudio se compone de tres etapas. La primera, contempló evaluación de la zona de estudio, realiza síntesis de características climáticas, tipologías y materialidad predominantes; revisa

Fig. 1: *Flujograma del enfoque general metodológico*



Fuente: Elaboración propia. La numeración corresponde a la señalada en el desarrollo del artículo.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 57 20-11-13 16:37

estándares de demanda energética, analiza subsidios estatales para mejoramientos de vivienda y adelanta un inventario de antecedentes de mejoramiento en la zona, con estadísticas nacionales, registros fotográficos y fichas técnicas. La segunda, apoyada en simulaciones con el programa TAS 9.2.1.2 realiza un diagnóstico y calificación de demandas de calefacción por mejoras progresivas aplicadas en el caso de estudio, y estima consumos de energías para calefacción empleando la metodología clásica, ecuación de consumo anual, que contiene los grados-días anuales de la zona climática respectiva y las características de la vivienda, esto es, su transmitancia volumétrica y el volumen de la vivienda. Adelanta una proyección económica y financiera de retorno de inversión, una alternativa privada y referente para validar efectividad de subsidios públicos; los datos recibidos son procesados en programa de amortización de préstamos Microsoft Excel 2000®; en talleres de socialización, los resultados se consultan a residentes, constructores, diseñadores, industria y entidades de control para su implementación. La tercera, selecciona en Dichato, una de las poblaciones más afectada por el 27F, un caso de intervención, de vivienda ocupada y pareada representativa, en función de las distintas orientaciones y extrapolable a otras viviendas. Asimismo determina diseños, presupuesto, programación, y plan de monitoreos, antes y después de la construcción del mejoramiento. Al final, y a partir de la validación social, las conclusiones destacan lecciones aprendidas durante el proceso, insumo para ajustar objetivos de prestación y adelantar posteriormente monitoreos que permiten evaluar desempeños frente a dichos objetivos. Actualmente se adelanta con estos insumos la construcción de los mejoramientos con el auspicio de la empresa privada, apoyo del SERVIU y monitoreo de la Universidad del Bío-Bío (CITEC).

3. Evaluación en la zona de estudio

3.1. Características de población, tipología y materialidad

Una primera etapa de esta investigación, de carácter exploratorio y descriptivo, apoyada en la normativa vigente, estadísticas nacionales, registro fotográfico y fichas técnicas, consistió en un observatorio por ciudades representativas para identificar tipologías de viviendas, condiciones constructivas y características de envolventes predominantes. Contrastado con un estudio a nivel nacional (CChC, 2010) confirma particularidades de la zona de estudio, determinante para la selección del caso analizado. Se trata de una población eminente urbana, situada en zonas de reconstrucción por el 27F, y dentro del promedio urbano del país: 85%, y sus regiones: Maule, Biobío y Araucanía constituyen el 25% del total del país. Arquitectónicamente corresponden a la tipología de Vivienda Unifamiliar Pareada y componen la mayor agrupación: 85% en las regiones de estudio y por zonas térmicas correspondientes (3, 4 y 5 de 7), representan un 33% del país. La zona térmica seleccionada 4, concentra el 87% de la población urbana de las tres regiones de estudio, en 22 poblaciones con mayor densidad. La materialidad predominante, entre un 77 a 87%, corresponde a albañilería reforzada en los primeros pisos y tabique de madera en los segundos pisos.

3.2. Revisión de estándares de demandas y consumos

Las fuentes consultadas para establecer estándares en Chile y una línea base de energía de demanda por calefacción, no son coincidentes y varían de una fuente a otra. Del comportamiento energético no se tienen comprobaciones normadas, por ejemplo, el consumo energético de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria, estarían en un rango promedio anual de 192 kWh/m^2 año según algunas aproximaciones logradas por simulación (IIT, 2009). De la encuesta oficial sobre usos finales de energía (CChC, 2010) se infiere que el consumo promedio nacional de una vivienda es de 132.88 kWh/m^2 año (incluyendo todos los combustibles)[3]. Otros estudios para Chile (Bustamante, 2009) indican que la demanda puede ser reducida para las regiones de estudio: en viviendas pareadas de dos pisos, entre 97-108 kWh/m^2 año. La dispersión, relacionada con múltiples variables implicadas y afectadas por la hermeticidad de las construcciones, compromete fundamentalmente la calidad del diseño y la ejecución del cerramiento.

La Reglamentación Térmica (RT) de la OGUC, por su parte, no señala parámetros de referencia para control de demandas y consumos, y aun cuando avanza en la certificación, por ahora es insuficiente para el control energético de los consumos. Su exigencia térmica se concentra en pérdidas debidas a transmitancia térmica o valor U (W/m^2°C). Así, fija para cada una de las siete zonas térmicas que divide el país, la máxima transmitancia admisible, limitándose únicamente a los componentes opacos. No existe en consecuencia, regulación y control por infiltraciones (en ventanas, puertas, ranuras, tubería, o por permeabilidades de

3 Ese dato se puede ver afectado por la mayor proporción de consumo de leña, particularmente en la zona sur del país, que en la matriz energética residencial alcanza el 46.6%. Descontando el uso de leña, el consumo real de energía por combustibles se reduce en vivienda a 70.96 kWh/m^2-año, referencia solo para definir la participación efectiva en el consumo nacional, pero no refleja el impacto energético de gas y electricidad en calefacción, solo del 19.1%, si descuenta el uso de la leña.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 58 20-11-13 16:37

la envolvente). Esta variable, paradójicamente, es considerada como constante (1 ACH) en el software oficial de certificación del MINVU, lo cual puede llevar a imprecisiones en el cálculo de los ahorros. Por tanto, fijar valores de infiltraciones implementando controles a través de medidas alternativas de simulación en diseños y monitorización en etapa de construcción y ocupación, son imprescindibles para aproximar a la realidad los desempeños.

3.3. Aislación exterior y subsidios de mejoramiento térmico de vivienda

El deficiente comportamiento térmico de viviendas en Chile, genera gastos anuales junto a otras de daños ocasionados a la salud y disminuyen la calidad de vida y productividad de la población, motivando a implementar medidas de reacondicionamiento térmico (CDT-CChC,2010). Las ventajas ofrecidas por la aislación exterior continua de la envolvente, comprobadas en estudios (Muñoz *et al.,* 2012) señalan su potencial energético, eliminando puentes térmicos y manteniendo la masa térmica al interior del edificio. Característica que demanda compatibilizar el uso del régimen de calefacción con la aislación y la inercia térmica de los muros (Neila, 2004), razones llevan a seleccionar el Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) o en inglés, Exterior Insulation and Finish System (EIFS) en esta propuesta.

En cuanto a subsidios, Chile introdujo políticas públicas dirigidas a la compra, construcción y mejoramiento de la vivienda[4], conjunto de programas subvencionados y regulados por el SERVIU. Variados tipos pueden dar lugar a diversas formas de beneficios y montos para esa inversión. En el caso particular de resolver el problema energético, se concretan en Subsidios para Reparación del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF), que de 50 a 60 UF va hasta 200 UF[5] para zonas patrimoniales. Específicamente a EE, el Subsidio de Acondicionamiento Térmico de la Vivienda (SATV) hasta 130 UF. Sin embargo, el alcance efectivo de las actuaciones, a falta de monitoreo, no se concentra en los mejoramientos térmicos (ver 3.4 Antecedentes). Así, desde la misma política de vivienda, el estado actual de su parque habitacional y el grado mismo de desarrollo de las nuevas, precarias en área y en terminaciones, se prioriza la reparación, mejoramientos básicos, ampliación, y por último el acondicionamiento térmico, o una combinación de estos que impiden juzgar la efectividad de los mejoramientos en la EE. Estos aspectos, originados en la percepción de los usuarios, revelan realidades a consultarse y considerarse en las decisiones, por ser factor determinante en viviendas sociales y pueden contrarrestar los beneficios asociados a la propuesta de optimización.

3.4. Antecedentes de mejoramientos térmicos en la zona

La propuesta de mejoramiento de envolventes tiene antecedentes en la zona de estudio en las regiones de La Araucanía (Temuco) y del Biobío (Gran Concepción). Amparados en el subsidio de mejoramiento térmico, Serviu-Araucanía y Serviu-Biobío, se vienen adelantando intervenciones a través de las PESAT (Prestador de Servicio de Asistencia Técnica) asesora estatal, o de las EGIS (Entidad de Gestión Inmobiliaria Social) de origen privado.

Los proyectos analizados contemplan propuestas de mejoramiento de la envolvente con aislación exterior de viviendas pareadas: tres conjuntos en la Región de La Araucanía, mientras en Biobío se centra en departamentos y viviendas aisladas, de aislación interior, concretamente en siete proyectos de comunas analizadas. Los montos se ajustan a los subsidios (100-200 UF) y al cumplimiento de norma para mejoramientos de muros exteriores, ventanas, techumbre, cielos y pisos. Las actuaciones en muros integran diversos tipos de sistemas de revestimiento exteriores que compiten en el mercado con su desempeño energético, homologables a SATE-EIFS, y fachadas ventiladas.

El control de las soluciones propuestas recurre al sistema tradicional de exigencia de certificaciones y/o ensayos conforme a normas, pero no se cuestionan las prestaciones de las soluciones térmicas, caso comprobado, durante visitas, en el sobrecalentamiento que en verano presentan algunas viviendas del proyecto comuna Padre de las Casas, debido a una falta de atención en el diseño de la aislación de cielo raso y su relación con la altura de la techumbre y sistema de ventilación de la cámara de aire, entre estos dos componentes. Igual puede inferirse de la revisión de los detalles propuestos de aislación interior en viviendas aisladas y departamentos en la región del Biobío, donde se generan puentes térmicos en las soluciones propuestas.

Los acondicionamientos, caso SERVIU Araucanía, son asesoradas por PESAT o EGIS, empresas que acompañan en el proceso de las obra y valoran mediante el cálculo de la resistencia térmica o valor "U" y en oportunidades por encuestas posocupación. En algunos casos se observa interés por monitorear y comprobar efectivamente durante la posconstrucción los desempeños energéticos obtenidos y medición de consumos, buscándose mecanismos para integrar efectivamente

4 Cfr. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) http://www.minvu.cl/opensite_det_20110502134513.aspx

5 UF: Unidad de Fomento, valor monetario variable por reajuste diario utilizado como referencia financiera en Chile

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 59 20-11-13 16:37

a los ocupantes en estas valoraciones. Tampoco se observa una evaluación técnica, económica y financiera de la inversión que compare ahorros energéticos frente a la eventual amortización de costos iniciales con ahorros de cuentas de combustibles por calefacción. No obstante, entrevistas realizadas en los casos estudiados indican la preocupación y curiosidad natural de algunos pobladores por ahorros energéticos que valdría canalizar y potenciar con campañas de socialización para ampliar la cobertura habitacional de los mejoramientos, hoy más efectivas que los manuales.

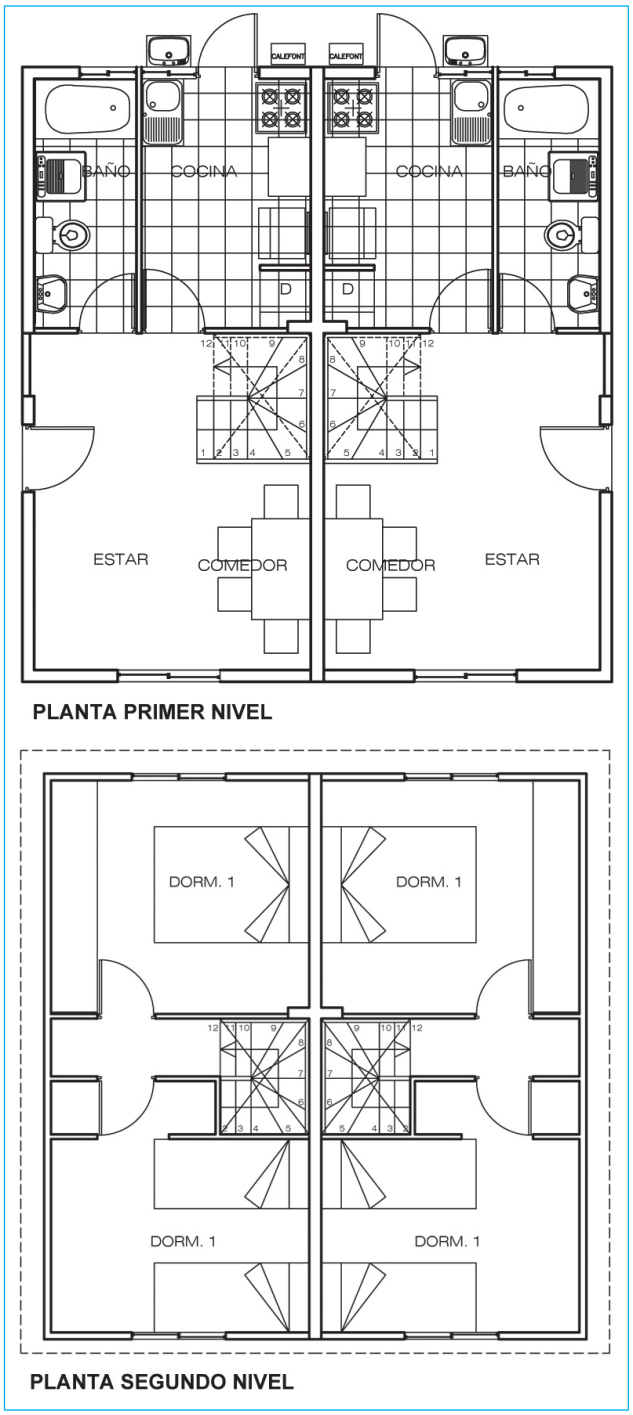
Los proyectos analizados confirman las posibilidades reales de los acondicionamientos térmicos, incluso aquellos donde fueron cuestionados y abortados por cuestiones estéticas y culturales y de un inadecuado acompañamiento, lo cual señala la necesidad de involucrar habitantes y un equipo interdisciplinario, en una estrategia que apunta a la validez de un proceso de diseño integrado por prestaciones, para hacerlo participativo y efectivo a las necesidades de ahorro energético de las zonas de estudio.

4. Diagnóstico en caso de estudio: Vivienda pareada, Dichato

Conforme a la teoría de validación de fenómenos (Hammersley y Atkinson, 2012) un hecho único debe ser comprobado con técnicas diferentes; por tanto se proponen dos modos de validar desempeño energético; mediante simulación térmica dinámica con TAS 9.2.1.2 y, posteriormente, mediante monitorización de los mejoramientos en terreno. Se aplica a una vivienda social pareada (51,24 m2) localizada en una de las zonas de desastre por el 27F, Dichato, en la Región del Biobío (Figura 2 y 3).

Fig. 2: *Vistas, detalles de materialidad. Fuente: F.Acchiardo y Serviu*

Fig. 3. *Plantas de viviendas pareadas tipo. Fuente: F.Acchiardo y Serviu*



La vivienda cumple y supera levemente los requerimientos de la RT de la OGUC para la zona 4, por lo que se define como Caso 1 actual, mientras que se

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 60 20-11-13 16:37

define como Caso 0 a la vivienda similar que cumple con el límite establecido por la RT, determinando la línea base de demanda para los cálculos. Esta vivienda es representativa de la materialidad predominante de la envolvente de la zona de estudio: techumbre de zinc y cielos aislados; muros de albañilería reforzada en primer piso, y de madera en el segundo piso, y ventanas de PVC con vidrio simple. Su elección responde a su carácter de prototipo repetido en varios sectores de la población de Dichato en grupos de 150-200 viviendas y a distintas orientaciones existentes predominantes Norte-Sur (NS) y Este-Oeste (EO) (Figura 4).

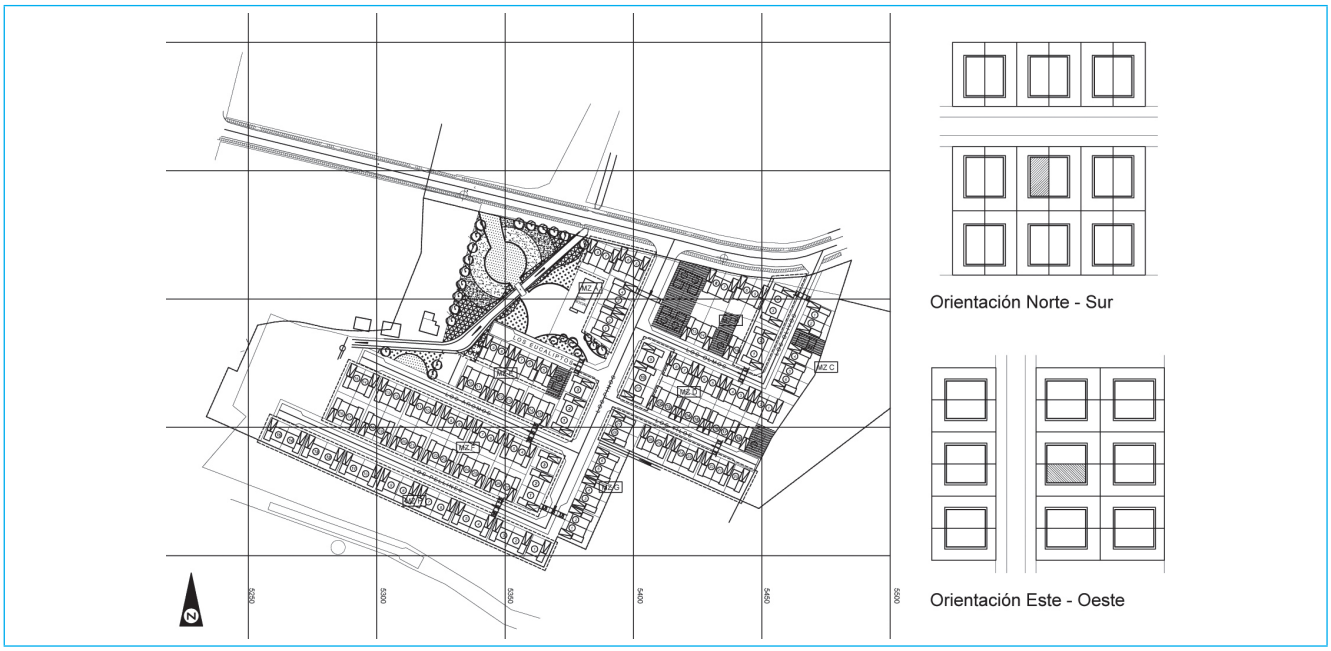
Entrevistas y la participación de pobladores en la selección hacen a la vivienda elegida una candidata pronta a intervención y monitorización, en una acción que reúne el acuerdo de residentes, proveedores y constructores con la anuencia de líderes comunales en asociación, asesoría y supervisión del SERVIU Biobío.

4.1. Evaluación térmica de la envolvente y resultados

La evaluación térmica, en tres fases (Figura 5), revisa dos orientaciones predominantes (NS y EO) y se desarrolla según metodología utilizada por el nuevo sistema de calificación energética de viviendas chilenas del MINVU, en fase de marcha blanca al momento de realizar este estudio. El resultado de la simulación revela la baja incidencia de la orientación más favorable sobre la menos favorable (NS>EO: 1%); sin embargo, dadas las previsibles implicaciones en la sensación térmica que la presencia del sol supone en la percepción de los ocupantes, es dato a corroborar en talleres de socialización y a comprobar con instrumentos en monitorizaciones, antes y después de la implementación. Los resultados de la orientación más desfavorable permiten extrapolarlos al resto de las viviendas.

Se analizan las mejoras para cada orientación, a partir del Caso 0 base que contempla las características morfológicas de la vivienda diseñada para Dichato, conforme a transmitancias mínimas de la RT para la zona térmica 4. Definida la incidencia de orientaciones, selecciona la más desfavorable para confirmar el caso base de cálculo de demanda, evaluando primero el desempeño de la vivienda construida según especificaciones y, posteriormente, proponiendo tres escenarios de mejoras progresivas. Al final se califica cada uno de los cinco casos según una escala referencial

Fig. 4: *Localización general conjunto Sauces y orientaciones seleccionadas para evaluación, Dichato*



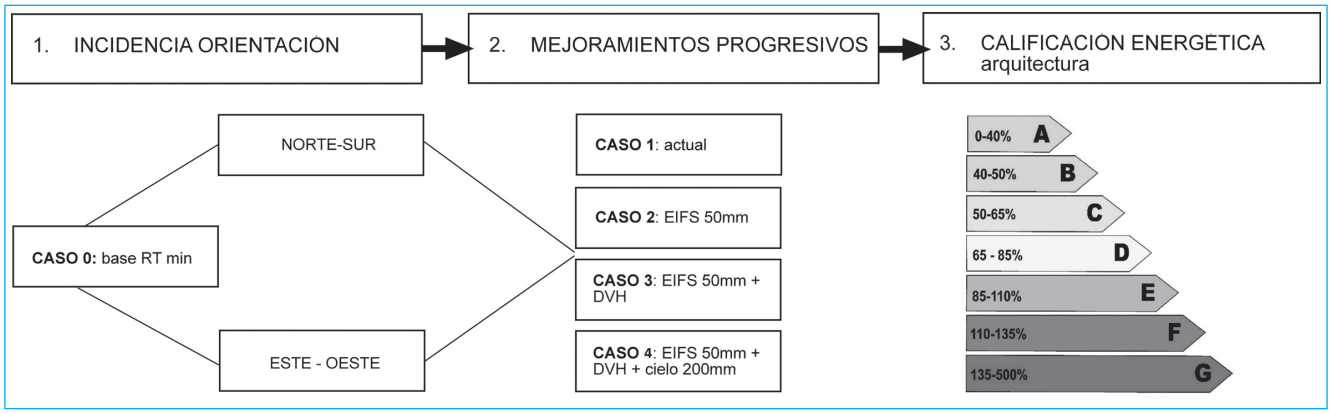
Fuente: Localización, SERVIU, y orientación, elaboración propia.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 61 20-11-13 16:37

–Parámetro de comparación– A>G- propuesto por la nueva certificación energética de viviendas del MINVU. En Tabla 1 se ilustran los valores de transmitancia térmica para cada paramento de los casos de análisis.

Para la simulación de los mejoramientos progresivos se procede con la orientación más desfavorable EO. Se emplea el programa informático TAS 9.2.1.2 para la obtención de resultados (Tabla 2). que resultan particularmente reducidos, ya que se utiliza una banda de confort adaptativa e infiltraciones regularizadas (1 ACH) para obtener valores comparativos con la calificación energética. Consecuentemente, las demandas por calefacción disminuyen según las mejoras progresivas planteadas por adición de revestimientos, cambio de ventanas y aumento de aislación de cielo. En la columna derecha, la calificación del desempeño energético, según la escala propuesta en la sección 4.1. Cumpliendo con la norma, los resultados sugieren que es posible modificar el orden de los mejoramientos planteados desde las menos a las más invasivas: cielo raso>ventanas>SATE-EIFS y analizar la incidencia de los desempeños *versus* costos. Asimismo, validar o invalidar las hipótesis energéticas y económicas, afectadas por barreras no técnicas, de percepción y operación de usuarios, reconocidas en estudios (Samuelson, *et al.*, 2012), subrayan la necesidad de validar en terreno resultados con una segunda opinión.

Fig. 5: *Diagrama de evaluación térmica, Dichato-Sauces-Miramar*



Fuente: Elaboración propia y logo de calificación energética de viviendas (MINVU 2013).

Tabla 1: *Valores de transmitancia térmica (Valor U) para diferentes casos, zona térmica 4*

CASO	VALOR U (W/m² °C)									
	Muros Exteriores piso 1	Muros exteriores piso 2	Radier	Losa entrepiso	Cielo 2° Piso	Techo 2° Piso	Puertas	Ventanas	Muros interiores	Medianero
CASO 0 base RT min.	1,7	1,7	2,611	3,739	0,38	7,14	2,31	5,44	1,766	1,8
CASO 1 actual	1,69	0,782	2,611	3,739	0,361	7,14	2,31	5,44	1,766	1,8
CASO 2 EIFS 50mm	0,57	0,41	2,611	3,739	0,361	7,14	2,31	5,44	1,766	1,8
CASO 3 EIFS 50mm + DVH	0,57	0,41	2,611	3,739	0,361	7,14	2,31	2,76	1,766	1,8
CASO 4 EIFS 50mm + DVH + aislación cielo 200mm	0,57	0,41	2,611	3,739	0,194	7,14	2,31	2,76	1,766	1,8

Fuente: Elaboración propia.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 62 20-11-13 16:37

Tabla 2: *demanda energética de calefacción y calificación energética*

CASO	CONSUMO energético de calefacción	DEMANDA energética de calefacción	PORCENTAJE sobre demanda de referencia	CALIFICACIÓN energética
	(kWh año)	(kWh/m2 año)	(%)	(A a G)
CASO 0 base RT min.	2444,72	47,71	100%	E
CASO 1 actual	2191,98	42,78	90%	E
CASO 2 EIFS 50mm	1360,11	26,54	56%	D
CASO 3 EIFS 50mm + DVH	946,46	18,47	39%	A
CASO 4 EIFS 50mm + DVH + aislación cielo 200mm	883,28	17,24	36%	A

Fuente: Elaboración propia

4.2. Estimación de consumos de energía

Los resultados de la estimación del consumo de energía anual para calefacción se obtuvieron con la ecuación (1) clásica de demanda diaria por grados-día de calefacción según factor de operación.

$$Q_{demandado} = 24 \cdot G \cdot V \cdot GD \cdot F_{op} \qquad \left[\frac{W \cdot día}{mes}\right] \qquad (1)$$

$$F_{op} = Factor\ de\ operación = 1.0\ calculada\ por\ todo\ el\ año$$

Las condiciones de evaluación para el caso de estudio, se muestran en la Tabla 3. La estimación se realiza en forma mensual y finalmente determina el valor acumulado anual que se divide por la superficie de la vivienda. El método no considera las posibles ganancias que puedan existir en el recinto porque tanto los grados días como la temperatura interior de cálculo consideran ese efecto. El cálculo de consumos para calefacción, en US$ y UF, se hace para gas licuado (GL) y electricidad (E). Se supone un régimen de calefacción permanente durante todo el año. Los resultados permiten comparar la diferencia de costos: mayor en electricidad que en gas licuado y pretenden desestimar el uso generalizado de la leña, asociado a la tradición cultural y a la imagen de calor que esta representa en zonas climáticas más frías, pero que va en detrimento del medio ambiente. Por tanto y armonizados a normas que empiezan a regular el uso de la leña en Chile, centran la atención en los costos de estos combustibles, estableciendo los beneficios energéticos y ambientales que pudieran alcanzarse para amortización de mejoramientos con ahorros arrojados por los mismos.

4.3. Proyección económica y financiera

Los costos, calculados a partir de detalles constructivos para una sola vivienda (Tabla 4), se encuentran entre 105 y 154 UF, es decir previsiblemente en el rango de los subsidios oficiales (150 UF) para el acondicionamiento de viviendas sociales y, por economía de escala, podrían bajar.

Para estimar el retorno de la inversión se calculan los consumos mensuales y los posibles ahorros por gas licuado (GL) y electricidad (E) para los escenarios finales, en atención a que solo en esta condición será posible evaluar la EE de la propuesta. Los resultados (Tabla 5) dan cuenta de un ahorro acumulado, en todos los casos, que es inferior a la inversión inicial, sea para la participación particular o de grupos, o para poner en valor la inversión pública en este rubro y en consecuencia, evaluar la efectividad real de los subsidios comprometidos y sobre todo para reforzar controles y monitoreos de los desempeños en el tiempo de operación de la vivienda, estimando vida útil en años. Igualmente posibilitan para el desarrollo de Empresas de Servicios Energéticos (Energy Service Companies: ESCO) con capacidad para planear, ejecutar y financiar costos, garantizando retorno de la inversión con unas utilidades dentro del régimen del mercado financiero. Aunque en acciones privadas con créditos pueden reducirse los ahorros por las tasas de interés, los beneficios sociales y ambientales de estas acciones deberían considerar una concientización y/o promoción pública.

En los dos consumos estimados, gas licuado (GL) y electricidad (E), y calificados en mínimo CASO 2: D y máximo CASO 4: A, es posible equiparar los costos con los ahorros acumulados por combustible. Se estudian varias alternativas de retorno de la inversión. Con los mismos costos de mejoramiento, los gastos por consumos son menores en gas licuado que en electricidad, lo que a la postre representa mayores ahorros en electricidad, permitiendo reducir los tiempos de recuperación de 30 años por consumo de gas licuado a 15 años por elec-

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 63 20-11-13 16:37

Tabla 3: *Condiciones de estimación de consumos Vivienda Dichato-Sauces-Miramar*

LUGAR	Concepción
Grados días anuales base 16°C	1638.4 °C día/año
Superficie vivienda	51.2 m²
Altura promedio vivienda	2.2 m
Horas de operación	8760 horas/año
Costo energía eléctrica	0.250 US$/kW-h
Costo energía gas licuado	0.158 US$/kW-h
Temperatura interior de cálculo	20 °C
Temperatura exterior de cálculo	5°C

CASO	Valor de G según CONSUMO de energía	CONSUMO ANUAL
Caso 0 Base	G = 1.52	47,71 kW-h/m² año
Caso 1 Actual	G = 1.36	42,78 kW-h/m² año
Caso 2 EIFS 50 mm	G = 1.02	26,54 kW-h/m² año
Caso 3 EIFS 50mm + DVH	G = 0.83	18,47 kW-h/m² año
Caso 4 EIFS 50mm + DVH + aislación cielo 200mm	G = 0.81	17,24kW-h/m² año

UF: Unidades de Fomento: valor monetario variable por reajuste diario, utilizado como referencia financiera en Chile. Cfr. http://valoruf.cl/

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: *Demandas, calificación y costos mejoramientos*

CASO	DEMANDA energética de calefacción	CALIFICACIÓN energética	COSTO mejoramiento Envolvente Vivienda Social	
	(kWh/m² año)	(A a G)	UF	US$
CASO 0 base RT min.	47,71	E	0	$ -
CASO 1 actual	42,78	E	0	$ -
CASO 2 EIFS 50mm	26,54	D	104	$ 4.576
CASO 3 EIFS 50mm + DVH	18,47	A	140	$ 6.160
CASO 4 EIFS 50mm + DVH + aislación cielo 200mm	17,24	A	154	$ 6.776

UF: Unidades de Fomento: valor monetario variable por reajuste diario, utilizado como referencia financiera en Chile

Fuente: Elaboración propia.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 64 20-11-13 16:37

Tabla 5: *Análisis económico pagos vs. ahorros*

CONSUMO	CASO	Calificación energética	COSTO mejoramiento envolvente (CME)		PAGOS consumo GL o E		AHORRO consumo GL o E		Ahorro ACUMULADO*		BALANCE económico Ahorro-Costo	
			UF	US$	UF/mes	US$/ mes	UF/mes	US$/ mes	UF	US$	UF	US$
GAS LICUADO (GL)	0 GL	E	-	-	0,734	32,3	-	-	-	-	-	-
	2 GL	D	104	4.576	0,407	17,9	0,327	14,4	117,82	5.184	13,82	608,00
	4 GL	A	154	6.776	0,266	11,7	0,468	20,6	168,55	7.416	14,55	640,00
ELECTRICIDAD (E)	0 E	E	-	-	1,157	50,9	-	-	-	-	-	-
	2 E	D	104	4.576	0,643	28,3	0,514	22,6	120,19	5.288	16,19	712,40
	4 E	A	154	6.776	0,418	18,4	0,739	32,5	172,84	7.605	18,84	829,00

* 30 años GL o 15 años E con 3% esc.

Fuente: Elaboración propia.

tricidad (con escalamiento de precios). Datos que necesariamente deben comprobarse en monitorizaciones.

4.4. Consulta a actores sociales del proceso

Con el objeto de conocer el interés y percepción de ocupantes de viviendas en estudio, y la actitud de profesionales, industriales, y funcionarios públicos, se realizaron una serie de talleres de socialización por grupos que permiten determinar, para cada rol identificado, construir estrategias de implementación de la propuesta y niveles de participación. En el caso de la comunidad, se consigue en consenso la selección de la vivienda más ajustada a los requerimientos de ocupación y orientación para comprobar simulaciones y el compromiso de colaborar antes, durante y después del mejoramiento. Se logra también la colaboración de industriales que donan materiales y constructores con la mano de obra y del Citec-UBB[6] para la monitorización. Por otra parte, se establecen con el SERVIU Biobío los mecanismos articuladores de acción con los participantes y el compromiso de divulgar los resultados y asegurar el monitoreo del prototipo. Los talleres son oportunidad para ir elaborando y precisando detalles constructivos, costos de implementación, evaluación de consumos de energía y retornos de inversión, soportes para iniciar la construcción y monitoreo del prototipo, secuencia desarrollada a continuación.

6 Centro de Investigación en Tecnología de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío, Concepción (Chile) http://www.citecubb.cl/

5. Propuesta de mejoramiento

5.1. Detalles constructivos

Los mejoramientos, representados en detalles constructivos se muestran en gráficos explicativos (Figura 6) se entregan y explican a constructores de la zona para su valoración técnica y económica, conforme a catálogos proporcionados por proveedores SATE-EIFS. Detalles constructivos, tipo de ventanas y cielo corresponden a las empleados en las simulaciones (Ver numeral 3.3). Esta información presentada en cartillas es utilizada posteriormente en la validación social de la propuesta con arquitectos, ingenieros fiscalizadores y promotores.

5.2. Alternativas de diseño de fachadas

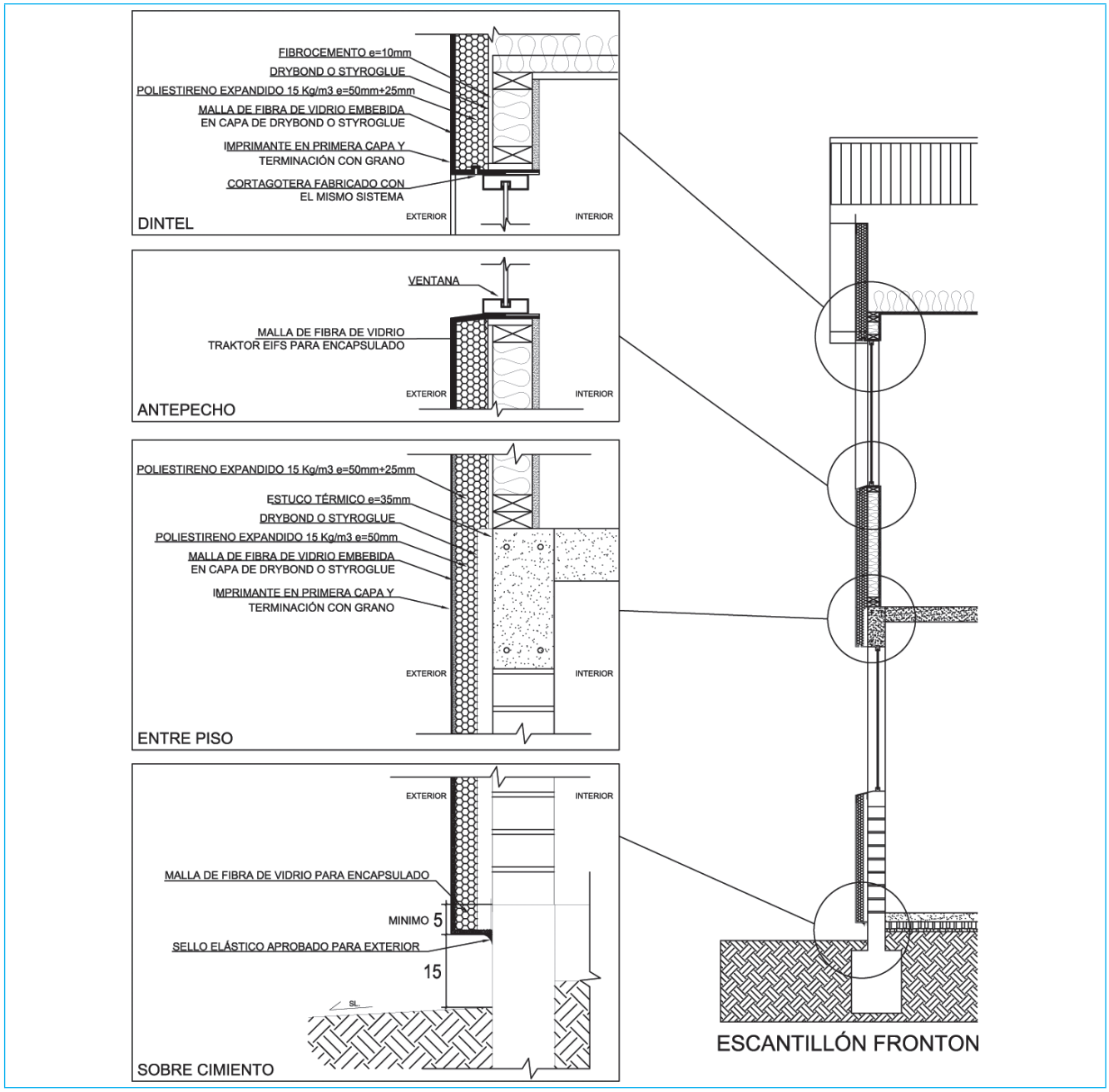
Se estudian varias alternativas de diseño y terminación que parten de la observación y análisis de las condiciones térmicas de las soluciones propuestas y de la imagen arquitectónica, paleta de colores y muestrario de texturas de las viviendas en las comunas en regiones de estudio, presentadas en un catálogo a residentes, profesionales y agentes públicos para su selección (Figura 7).

6. Validación Social

Realizadas las simulaciones y modelaciones, el estudio consideró también identificar la disposición frente

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 65 20-11-13 16:37

Fig. 6: *Detalles del mejoramiento exterior: 1er piso, sobre albañilería y 2° piso sobre tabiquería*



Fuente: Elaboración propia.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 66 20-11-13 16:37

Fig. 7: *Paleta de colores y texturas, según arquitectura de la vivienda en zona de estudio*

Fuente: Elaboración propia.

a esta solución de los distintos participantes involucrados; residentes (arrendatarios o propietarios), profesionales (constructores, arquitectos e ingenieros) y agentes públicos (funcionarios SERVIU y gestores PESAT o EGIS). Estudios consultados (León *et al.*, 2010, Trebilcock, 2011) revelan que las encuestas y entrevistas son métodos apropiados para recabar actitudes de la población en mejoramientos térmicos. Se planteó específicamente determinar el grado de comprensión y valoración de la propuesta de revestimiento exterior para viviendas en Dichato, desde el conocimiento del problema energético del país. La consulta se efectúo con un cuestionario estructurado que abarca cuatro secciones (Tabla 6). La primera busca caracterizar a los participantes según su rol frente a la propuesta (residentes, profesionales y agentes públicos). La segunda, explora su comprensión en el problema energético (general del país y en particular de consumo de las viviendas); de la solución (diseño y ejecución constructiva); y de los costos involucrados (directos o por subsidio) y beneficios esperados. La tercera pide a los encuestados una valoración de tres factores: efectividad (la solución propuesta se estima que cumplirá los costos/beneficios esperados); factibilidad (se podrá ejecutar y mantener en el tiempo); y prioridad (en relación con otros gastos propios de una vivienda). Y la cuarta presenta recomendaciones de implementación. Los datos fueron recolectados a través de talleres de discusión en sesiones de aproximadamente 40 minutos con algunas imágenes impresas y consulta escrita individual. La consulta es de carácter mixto, con preguntas y respuestas abiertas a justificaciones o confirmaciones. La estructura (Figura 8), y el resultado general de las encuestas y discusiones se describe a continuación.

6.1. Resultados y discusión

Participantes. Talleres con residentes determinan el compromiso de ofrecer una vivienda para poner a prueba el mejoramiento y para la confirmación de mano de obra y materiales del sector productivo, la participación del Citec-UBB en el monitoreo y de autoridades locales para acompañar la revisión de las viviendas. Igualmente se efectuaron entrevistas individuales de los aspectos consultados, que se complementaron con la experiencia de otros participantes en conjuntos similares. El taller con profesionales y con agentes públicos se efectuó con participantes, convocados a través de egresados de la U. Bio-Bio y/o estudiantes de los programas de posgrado.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 67 20-11-13 16:37

Tabla 6: *Estructura del instrumento de validación del mejoramiento energético de vivienda tipo*

1. Tipo de participante (residentes, profesionales, agentes públicos)	
2. Comprensión del problema energético	• General del país • Sector residencial
3. Valoración del mejoramiento propuesto	• Efectividad (costo/beneficio) • Factibilidad (inversión/sostenibilidad) • Prioridad de gastos (ampliación, remodelación, mejoramiento térmico)
4. Recomendaciones de implementación	• Justificación y propuestas

Fuente: Elaboración propia.

Comprensión del problema energético y propuesta de revestimiento. La mayoría de los consultados expresan conocer la dependencia de Chile en temas energéticos, sin embargo no la asocian a la calefacción doméstica. No obstante reconocen la incidencia del sector vivienda en el consumo de energía del país. Por el contrario, pocos de los entrevistados manifiestan conocer guías o recomendaciones del gobierno sobre uso eficiente de energía, y muy pocos identifican pero reconocen prácticas comunes en casa que limitan las pérdidas de calor en invierno (sellar ventanas y puertas y aislar el piso con alfombras). La propuesta es adecuadamente comprendida por los participantes, especialmente con las vistas tridimensionales y los costos involucrados, aunque su recuperación en el tiempo se advierte con escepticismo.

Valoración de la solución de mejoramiento. En general se observan en los entrevistados un alto grado de aceptación de una solución integral de toda la envolvente. Financieramente las entrevistas resaltan la relación ahorro de consumos de energía con pago de la inversión, pero enfatizan, en sus comentarios, el compromiso del Estado a través de subsidio de mejoramiento. Algunos opinan que se podrían plantear beneficios tributarios a particulares para invertir en planes de mejoramiento. En cuanto a la posibilidad de cambiar la imagen de la vivienda por las condiciones técnicas, la mayoría de los residentes está de acuerdo con dar prevalencia al mejoramiento de confort térmico, además consideran que se asocian otros factores como el ahorro económico, y en ningún momento consideran la propuesta arquitectónica un detrimento de la imagen actual, por el contrario, la piensan como una manifestación de individualidad. Corroborando el nivel de entendimiento de los temas de EE y su articulación con el concepto de vida útil de la vivienda, la mayoría propone medidas de mantenimiento y control para hacer efectivas y sostenibles las mejoras en el tiempo.

Recomendaciones de implementación. Los entrevistados dan cuenta en su gran mayoría que las mayores barreras para invertir en mejoramiento térmico son las deficiencias de entrada que presentan las viviendas entregadas: área insuficiente, terminaciones sin completar y en viviendas de muchos años, la necesidad de readecuar o de mejoramientos básicos; no obstante aceptan priorizar el acondicionamiento térmico, si se les comprueba en el tiempo las prestaciones y los ahorros que intuyen después de las explicaciones.

7. Conclusiones

Esta investigación propone una estrategia metodológica para evaluar mejoramientos energéticos para viviendas en el centro-sur de Chile, zona de reconstrucción posterremoto del 27F, demostrando la factibilidad de intervenciones con revestimientos exteriores aislados y la necesidad de integrar en estas acciones a los actores sociales.

Las técnicas cuantitativas (simulaciones) permiten realizar evaluaciones técnicas y económicas en etapa de proyecto, con el fin de comparar situaciones futuras, pero es necesario validar su capacidad de aproximarse a la realidad de demandas y consumos energéticos, una vez que la vivienda se encuentra en uso, mediante monitorizaciones.

Las proyecciones económicas y financieras identifican opciones de valoración de inversiones públicas y/o privadas en el tema de eficiencia energética y su repercusión en el tema ambiental, incentivando el uso de combustibles para un cambio de actitud frente a la leña.

La evaluación técnica, económica y financiera de la inversión, comparando ahorros energéticos frente a la eventual amortización de costos iniciales con ahorros

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 68 20-11-13 16:37

Fig. 8: *Encuesta de validación de optimización energética en vivienda Dichato*

1. TIPO DE PARTICIPANTE				
	Residente (Arrendatario o propietario)			
	Profesional (Constructor, arquitecto, ingeniero, otro)			
	Agente público (Funcionario SERVIU, gestor PESAT o EGIS)			
2 .COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA ENERGÉTICO				
N°	Descripción	SI	NO	Comentarios
1	¿Sabe que Chile depende energéticamente de otros países?			
2	¿Cree que es importante la participación del sector residencial en el consumo de energía final en el país?			
3	¿Conoce algunas guías o recomendaciones que el gobierno ha publicado para el uso eficiente de la energía?			
4	¿En su vivienda puede identificar algunas prácticas que limiten las pérdidas de calor en invierno?			*Si su **respuesta es SI,** menciónelas:*
3. VALORACIÓN DEL MEJORAMIENTO PROPUESTO				
N°	Descripción	SI	NO	Comentarios
5	¿De los escenarios 1 y 2 que hemos propuesto para Dichato ¿Cuál cree es la más adecuado, si tuviera que hacerlo en su vivienda?			***¿Por qué?***
6	El mejoramiento tienen unos costos asociados a unos beneficios energéticos y ambientales ¿Recomendaría a su familia hacer dicha inversión?			***¿Por qué?***
7	La propuesta N°2 implica modificar la imagen de la fachada de la vivienda ¿Aceptaría un cambio de la imagen original de la vivienda?			***¿Por qué?***
8	Las simulaciones teóricas indican que es posible recuperar la inversión ¿Cree en la efectividad de la solución propuesta?			***¿Por qué?***
9	Se estima la vida útil de una vivienda en 40 años ¿Es posible ejecutar y mantener en el tiempo la eficiencia energética y confort de la vivienda durante su vida útil?			***¿Cómo?***
10	En una vivienda siempre hay una serie de inversiones que se planean durante su vida útil (ampliación, remodelación, acondicionamiento térmico, etc.) ¿Consideraría prioritario invertir en el mejoramiento propuesto?			*Si su **respuesta es NO,** indique sus prioridades:*
4. RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN				
N°	Descripción	SI	NO	Comentarios
11	Dadas las inquietudes, barreras y motivaciones, que puede generar la explicación técnica, económica y financiera sobre los mejoramientos. ¿Estaría usted dispuesto a postular su vivienda para el ejercicio de un eventual acondicionamiento térmico?			***¿Por qué?***

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 69 20-11-13 16:37

en las cuentas de combustibles por calefacción, es fundamental para generar una conciencia respecto a los subsidios asignados y su valor real en el mercado, que pueden asociarse a otros modelos de ayudas, como pueden ser rebajas o exenciones fiscales y condiciones preferentes en préstamos estatales, entre otros.

El mejoramiento propuesto y rendimiento sustentable, revelan potencialidades y ventajas derivadas que obligan a garantizar calidades mínimas de confort en vivienda cuyo ciclo de vida no sea inferior a 30 años.

Integrar métodos cualitativos revela que el comportamiento y actitudes de las personas brindan mayores oportunidades de difundir mejoramientos con criterio sustentable, ofreciendo una herramienta de empoderamiento durante el proceso que garantiza la sostenibilidad de las actuaciones.

Las lecciones aprendidas pueden ser replicables a otras regiones adaptándolas a sus respectivas condiciones particulares y pueden concienciar a los implicados de la problemática ambiental y energética que supone el funcionamiento de la vivienda.

A la fecha se ha iniciado la fase de intervención de dos viviendas en Dichato con la participación del CITEC-UBB, pobladores, constructores y proveedores de mano de obra y materiales, y acompañamiento del Serviu-Biobío.

8. Reconocimientos

Los autores expresan su agradecimientos a los financiadores del proyecto MEL: Agencia Chilena de Eficiencia Energética y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica; al Centro de Investigación en Tecnología de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío por su atención a los aspectos energéticos; al proyecto Fondecyt 1120165 que apoyó las simulaciones en Dichato; a los estudiantes de posgrado Miguel Ángel Rodríguez, Gerth Wandersleben, Rodrigo Figueroa, Alex González y Rodrigo Espinoza, por el soporte técnico e informático; a las arquitectas Derlin Ariza y Francesca Acchiardo por su apoyo en diseños y al Ing. Daniel Sanhueza por la coordinación con pobladores, industria, constructoras y el Serviu-Biobío.

Referencias

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. AChEE (2010) Aprendamos a ahorrar: Guía práctica de la buena energía (GPBE), (pp. 8). http://www.acee.cl/576/articles-58616_doc_pdf.pdf (Consultado 12-03-2012).

Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Chile 2009. [en línea] http://www.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf (Consultado: 29-09-2011)

Cámara Chilena de la Construcción (2010). Estudio Usos Finales de Oferta y Conservación de Energía Sector Residencial, CChC (pp. 35-404). [en línea] http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/Usos_Finales_COC_Sector_Residencial_2010.pdf (Consultado 12-03-2012).

Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. CDT-CChC (2010). Manual Técnico de Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso. [en línea] http://www.barriosustentablecoronel.cl/PDF/Reacondicionamiento_termico_viviendas.pdf (Consultado: 06-02-2012)

Evins, R., Pointer, P., Vaidyanathan, R. y Burgess, S. (2012). A case study exploring regulated energy use in domestic buildings using design-of-experiments and multi-objective optimisation. Building and Environment, Vol. 54, 126-136.

Hammersley, M. y Atkinson, P. (2012). Ethnography principles in practice. London: Routledge.

Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica, IIT (2009). Universidad de Concepción. Sistema de Certificación Energética de Viviendas. [en línea] http://barriosustentablecoronel.cl/PDF/SISTEMA_DE_CERTIFICACION_ENERGETICA_DE_VIVIENDAS.pdf (Consultado: 7-10-2011).

Kyrö, R., Heinonen, J y Junnila, S. (2012). Housing managers key to reducing the greenhouse gas emissions of multi-family housing companies? A mixed method approach. Building and Environment, Vol. 56, 203-210.

A. L. León, S. Muñoz, J. León, P. Bustamante (2010). Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cros-Pirotecnia en Sevilla. Informes de la Construcción. Vol. 62, (519), (pp. 67-82), doi: 10.3989/ic 09.045

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 70 20-11-13 16:37

Ley General Ordenanza de Urbanismo y Construcción. LOGUC (2007) Articulo 4.1.10. (pp. 154-351). [en línea] http://www.puntaarenas.cl/transparencia/normativa/DS%2047%20ORDENANZA%20GENERAL%20DE%20URBANISMO%20%20Y%20CONSTRUCCION.pdf (consultado 12-03-2012).

Ministerio de Energía (2011). Balance Energético 2011 [en línea], http://www.cne.cl/estadisticas/balances-energeticos. (consultado 09-11-2012)

Muñoz, C. Bobadilla, A. (2012). Simulación y Evaluación de Puentes Térmicos. Soluciones constructivas típicas aprobadas por la Norma Térmica para elementos en estructura de madera y metálicos en la Zona 4. Simulaciones con Therm y Usai y evaluación con Método de Cámara Térmica. Revista de la Construcción, N° 22, Vol. 12, 4-14.

Neila González, J. (2004). 7.3 Inercia térmica Efectiva. Arquitectura Bioclimática. Editorial Munilla-Leira, Madrid.

(PAEE20) (2012). Plan de Acción de Eficiencia Energética, (pp. 17) [en línea] http://www.elmostrador.cl/media/2012/02/Energia-para-el-Futuro.pdf (consultado 12-03-2012).

Samuelson, H. W. Lantz, A. y Reinhart C. F. (2012). Non-technical barriers to energy model sharing and reuse. Building and Environment. Vol. 54, 71-76.

Teo, E.A.L. y Lin, G. (2011) Determination of strategic adaptation actions for public housing in Singapore. Building and Environment, 46 (7) 1480-1488.

Teo, E.A.L. y Lin, G. (2011a). Building adaption model in assessing adaption potential of public housing in Singapore. Building and Environment, 46 (7) 1370-1379.

Trebilcock, M. (2011), Percepción de barreras a la incorporación de criterios de eficiencia energética en las edificaciones., Revista de la construcción, N° 1, Vol. 10, 4-14.

Williams, K., Joynt, J.L.R., Payne, C., Hopkins, D. y Smith, I. (2012). The conditions for, and challenges of, adapting England's suburbs for climate change Building and Environment, Vol. 55, 131-140.

5-ESCORCIA RdlC n2.indd 71 20-11-13 16:37