



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA DE POSTGRADOS**

**ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AL IMPLEMENTAR MEJORAS
CONSTRUCTIVAS TÉRMICAS PARA LOGRAR UNA MAYOR
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.**

CASO DE ESTUDIO: VIVIENDAS NUEVAS EN LOS SEGMENTOS MEDIOS EN SANTIAGO.

Actividad formativa equivalente para optar al grado de Magister en
Dirección y Administración de Proyectos Inmobiliarios.

Taller de Proyectos
Profesora Ma. Eugenia Pallares T.

Guía de Tesis
Profesora Jeannette Roldán R.

MIGUEL ANGEL FLÁNDEZ CÁRCAMO
Santiago de Chile- Enero 2017

Agradecimientos.

A Ma. Eugenia Pallares por su ánimo y compromiso para que se termine esta tesis, y a Jeannette en quien descubrí una excelente persona y distancia crítica.

Dedico esta tesis a Dios, ya que esta fe ha permitido estos pasos.

Dedico y agradezco a mi esposa Karen Soto por su abnegación y comprensión, la cual ha sido mi ayuda idónea todo este proceso y muy en especial a mi hija Amalie, la que tuvo que sacrificar su tiempo de juegos y conversación por estar su papá ocupado. Ustedes mis amores son mi motor.

Infinitas gracias.

Resumen ejecutivo.

En Chile, se realizan esfuerzos importantes en reducir la vulnerabilidad y alta dependencia de energéticos del exterior. Cifras, señalan que el consumo de energía a nivel residencial se estima cercano al 14,99% (BNE, 2014).

Por lo anterior se han potenciado iniciativas que van en el eje de mejorar el uso de la energía, destacando el Programa de Calificación Energética de Viviendas nuevas. (CEV)

El estudio buscó explorar la aplicabilidad del programa CEV en términos de rentabilidad hacia el mercado inmobiliario. La metodología planteó el análisis, revisión y síntesis de la oferta disponible en la base de proyectos publicadas por el MINVU para sectores medios, y analizar el Listado Oficial de Soluciones Constructivas Térmicas para extraer las soluciones que permitieron el ascenso en la calificación energética. Por otro lado, el análisis de mercado, concluyó que 19 de 20 proyectos evaluados fueron viviendas pareadas construidas en albañilería armada, cuyo precio de venta promedio fue 1547 UF, ubicadas en comunas periféricas del Gran Santiago.

El perfil socio-energético que se definió luego del análisis para la construcción del modelo de estudio fue el segmento C2-C3, con una renta alrededor de 805 mil y gasto promedio de 32 mil en calefacción, cuyos energéticos principales ordenados jerárquicamente por uso fueron gas licuado, parafina y electricidad.

El instrumento de cuantificación de la demanda y consumo de energía fue la herramienta que propone la CEV, bajo el método estático; aplicado inicialmente a un modelo de 18 soluciones constructivas para cuantificar sus ahorros respecto del caso base y se eligieron aquellas que permitieron ir obteniendo progresos en la calificación para luego hacer la evaluación económica.

Se evaluaron una a una bajo tres parámetros: VAN, TIR y PAYBACK o período de recuperación contemplando una tasa de descuento de un 10% de rendimiento del capital.

La evaluación económica, potenció a la electricidad como energético limpio cuyo VAN fue positivo con una certeza de hasta 99%, en desmedro de energéticos más contaminantes como el gas licuado y parafina cuyo VAN en varios casos fue negativo. En términos de nuevo precio de venta para el producto inmobiliario se estimó un alza probable de un 12,5% al pasar de una letra E a una letra A de calificación.

Los ahorros de energía permiten alcanzar ahorros económicos, los que se traducirán en beneficios cuantificables para la oferta y demanda en la medida que suba el gasto familiar en calefacción.

El sector inmobiliario sabe que la inversión inicial es una barrera importante que frena la venta de proyectos con atributos de eficiencia energética, los resultados del VAN por cada mejoramiento concluyó lo relevante de horizontes de evaluación y períodos de recuperación más largos.

Lo irreversible de las inversiones y la incertidumbre propia de las variables de entrada que se comprobaron en el modelo bajó la probabilidad para determinar de forma precisa ahorros económicos. Sin embargo, se reconoce al programa CEV como instrumento valioso en medir la reducción de la pobreza energética y alcanzar viviendas más confortables, mejor calidad de aire interior y confort principalmente para sectores medios y vulnerables.

Agradecimientos.

Resumen Ejecutivo.

Contenido.

1.	Problemática	7
1.1.	Antecedentes del problema.....	7
1.2.	Hipótesis.....	12
1.3.	Objetivos de la Investigación.	12
1.3.1.	Objetivo General.	12
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	13
1.4.	Metodología.....	13
1.5.	Estado del Arte.....	15
1.5.1.	Implicancias de la Eficiencia Energética (EE).....	15
1.5.2.	Referentes internacionales de Programas de Calificación Energética.....	18
1.5.3.	Estado de Avance de Calificación Energética en Europa.	22
1.5.4.	Investigación y Avance de la calificación energética en Chile.....	24
1.5.5.	Impacto de los Certificados de eficiencia energética en el mercado Inmobiliario.	26
1.6.	Conclusiones parciales.....	28
2.	Calificación energética de viviendas nuevas y simulación de la demanda para el caso de estudio en zona térmica 3.....	30
2.1.	Elección de estudio de caso.....	30
2.1.1	Enfoque energético.....	32
2.1.2	Enfoque medioambiental.....	34
2.1.3	Enfoque inmobiliario.....	34
2.2	Selección de la zona de estudio.....	37
2.2.1	Análisis oferta y demanda.....	37
2.2.2	Sistema constructivo y materiales principales de la tipología 3 dormitorios 1 baño. ..	40
2.2.3	Determinación de la superficie para la vivienda a calificar.....	41
2.3	Identificación y Caracterización de la Reglamentación Térmica Zona 3.....	43
2.4	Aplicación del Manual de Procedimiento de la calificación energética de viviendas nuevas para el caso base.....	45
2.4.1	Fundamentos y objetivos de la CEV.....	45

2.4.2	Escala y certificado de calificación.	47
2.4.3	Aplicación y simulación con la herramienta de calificación energética al caso base. ..	49
2.5	Asignación de etiqueta de Certificación para mejoras constructivas térmicas.	56
2.5.1	Metodología de selección de mejoras constructivas térmicas y tabla de resumen.	56
2.5.2	Cálculo de Demanda total de energía.	60
2.5.3	Consumo de energía en calefacción y asignación de letra de calificación de mejoramientos.	63
2.6	Conclusiones parciales.	67
3.	Análisis de los ahorros de energía de acuerdo a las medidas de mejoramiento propuestas por el MINVU.	69
3.1.	Caracterización socio-energética de la demanda del producto inmobiliario según zona térmica 3.	69
3.1.1	Caracterización económica de la demanda.	69
3.1.2	Caracterización energética de la demanda.	71
3.1.3	Consumo bajo situación de confort térmico y gasto mensual.	72
3.2.	Verificación de los ahorros en energía según los progresivos mejoramientos constructivos térmicos.	76
3.2.1.	Análisis de ahorros energético para el caso base.	76
3.2.2.	Criterio de selección de los mejoramientos constructivos a aplicar al modelo base.	79
3.3.	Verificación de ahorro por cambios paramétricos de la envolvente.	80
3.3.1	Orientación.	80
3.3.2	Cambios de dimensiones en ventanas.	81
3.4.	Determinar la calificación y el etiquetado de la certificación de ahorros energético.	85
3.5.	Conclusiones parciales.	87
4.	Análisis de los ahorros económicos según las progresivas mejoras para producto inmobiliario.	88
4.1.	Caracterización socio-económica de la demanda asociado al producto de estudio.	88
4.1.1	Relación ingreso y satisfacción de consumo.	88
4.1.2	Relación consumo de energía en el presupuesto familiar.	90
4.2.	Ahorro económico de medidas propuestas para principales energéticos.	97
4.2.1	Aumento de precio de energéticos para calefacción.	98
4.3.	Ahorro económico de medidas propuestas según tres horizontes de retorno de inversión: 10, 15 y 20 años.	99
4.4.	Análisis de la rentabilidad por sobre la inversión en las mejoras de las medidas propuestas. (TIR-VAN)	105

4.4.1	Criterios de evaluación de alternativas e inversión económica.....	105
4.4.2	Análisis de los mejoramientos.....	108
4.4.3	Período de recuperación del capital.	113
4.5.	Conclusiones parciales.....	115
5.	Análisis de sensibilización y construcción de escenarios económico financiero.	116
5.1.	Incidencia de nuevos costos sobre la rentabilidad para el inversionista inmobiliario.	116
5.2.	Análisis comparativo de precios de venta según mejoramiento constructivo térmico. ..	118
5.3.	Incidencia de costos y cambios en la tasa de descuento en la aplicabilidad de los mejoramientos para el usuario.....	120
5.4.	Incidencia de variables sobre el VAN para horizonte crítico de 10 años para mejoramientos.	124
5.5.	Análisis de financiamiento para la ejecución de los mejoramientos.	130
5.6.	Conclusiones parciales.....	133
	Conclusiones.	134
	Líneas futuras de trabajos.....	137
	Bibliografía.	138
	Figuras.	142
	Tablas.	143
	Gráficos.	147
	Anexos.....	149
A.	Tasa de descuento privada y social en Europa.	149
B.	Relación consumo real de energía por grupo-socioeconómico en relación al consumo ideal de calefacción.....	150
C.	Cálculo de indicador TIR y VAN para las mejoras constructivas térmicas propuestas.	152
D.	Fichas de soluciones de Acondicionamiento térmico.	154
E.	Exigencias de transmitancia sugeridas en Europa desarrollada por instituciones especializadas en eficiencia energética y energías renovables.	158
F.	Costos de construcción de referencia. Análisis efectuado por Cámara Chilena de la Construcción. Abril 2016.....	159

1. Problemática.

1.1. Antecedentes del problema.

La temática de la energía es en Chile un foco de un importante debate nacional. La inseguridad en el suministro de energéticos, por la volatilidad de los precios, los riesgos medioambientales y de salud pública relacionados al uso de combustibles fósiles son las principales inquietudes de los ciudadanos, del gobierno, del mercado y de la industria. El debate gira en torno a cuál debería ser el enfoque de una nueva política energética para mejorar la seguridad, independencia y promover el desarrollo y crecimiento futuro.

Chile actualmente, se mantiene en una situación de vulnerabilidad energética producida por su dependencia, el aumento e inestabilidad considerable de los precios internacionales de los energéticos, de los que depende y abasteciéndose a través de la importación del 60,54% de su energía primaria (Balance Nacional de Energía, BNE 2014). Todo esto, sumado a la dependencia de Chile de la energía hidroeléctrica y consecuentemente de los factores climáticos que la propician, pone al país en un escenario inestable desde el punto de vista energético. (Sistema de Calificación Energética de Viviendas, 2009)

En relación al uso de la energía, el último Balance Nacional de Energía 2014 señaló que el consumo del sector comercial, residencial y público representa el 21,19% del consumo energético nacional, y al revisar los datos desagregados; el sector residencial representa el 14.99% del consumo energético nacional.

Debido a este escenario, las autoridades al más alto nivel del país, han consensado llevar a cabo iniciativas hacia una correcta gestión de los sistemas energéticos; lo anterior constituye el primer pilar que fundamenta el Programa de Eficiencia Energética para Viviendas, y encaminar así al país hacia el desarrollo sustentable. Sobre esta base, se crea el Ministerio de Energía y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética que promueven diversas iniciativas destacando el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), creado el año 2005; el cual con la asistencia técnica de instituciones como la Universidad de Chile, Cámara Chilena de la Construcción, entre otras; han producido un conjunto de recomendaciones para la elaboración, implementación, seguimiento, evaluación y actualización de un Plan de Acción de Eficiencia Energética, (PAEE).

En el ámbito de las políticas habitacionales, orientadas hacia una disminución del consumo de energía, hay dos tipos de regulaciones importantes: la normativa chilena y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, la primera de carácter voluntaria y la segunda, es obligatoria, e incorporó desde el año 2000 una Reglamentación para el Acondicionamiento Térmico progresivo de la vivienda.

Esta reglamentación térmica, que fija la exigencia mínima en los complejos de techumbre (2000), muros, pisos ventilados y ventanas (2007), se complementó con la creación del subsidio de mejoramiento térmico (2006) para las viviendas sociales construidas con anterioridad a la entrada en vigencia de dicha normativa, este decreto (Artículo 6 bis, DS N° 255/2006) busca que las viviendas alcancen los estándares del Art.4.1.10 de la O.G.U.C. vigente. También se promulgó en enero de 2016 la Ley 20.897 de Subsidio de Colectores Solares Térmicos vigente hasta diciembre

de 2020. Según expertos las intermitencias en la continuidad de las medidas han tendido a un estancamiento en el impulso de políticas más agresivas de eficiencia energética en el nicho inmobiliario.

La reciente medida tomada por el gobierno, en línea con el (PAEE), fue la entrada en vigencia de la Calificación Energética de Viviendas Nuevas (CEV), impulsada por el MINVU; la que ya se publicó en el Diario Oficial en noviembre de 2013 bajo el título Manual de Procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas, señaló lo siguiente:

La finalidad de la certificación y el etiquetado de las viviendas es la promoción de la eficiencia energética, mediante información objetiva, que, proporcionada por parte de los promotores inmobiliarios, podrá informar a los compradores del comportamiento energético de la vivienda a través de un Informe de Evaluación de Eficiencia Energética y la Etiqueta de Eficiencia Energética, que le permitirá comparar y valorar su desempeño. (MINVU, 2013, pág. 1)

Esta busca determinar la eficiencia energética de una vivienda a través de una calificación, que conduce a una evaluación y etiqueta de eficiencia energética. Se presenta el ascenso progresivo de la calificación energética en la siguiente figura:



Figura 1. Presentación (MINVU-DITEC, 2014).

La Calificación Energética de Viviendas nuevas abrió frentes de análisis en distintos ámbitos. Desde el punto de vista del usuario: el consumo de energía por grupo socio-económico y precio de energías, perfil energético y tipos de combustible dependiendo de la localización geográfica de la vivienda.

A nivel de vivienda cobran importancia condiciones como: envolvente, materialidad, orientación; entre otros, e iniciativas de apoyo complementarias: políticas de rebajas de impuestos e incentivos hacia la búsqueda de mejoras térmicas, de los sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y en materia eléctrica, además la compra y elección de equipos de alta eficiencia y generación a partir del sol; todas estas mejoras o variables inciden en la percepción del confort interior de las viviendas y calidad de vida. Parámetros técnicos como: temperatura interior, humedad, renovación de aire entre otros se contraponen a la interrogante si será capaz el mercado de materiales y soluciones técnicas de entregar soluciones de alta eficiencia energética a precios razonables.

Un segundo pilar que fundamenta la Calificación energética es actuar en conformidad a los acuerdos internacionales firmados por Chile de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo: ingreso a la OCDE, a la APEC y firmas de Convenios Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21, París). Hoy el Estado planea reducir en un 20% los gases de efecto invernadero al año 2020, y reducir en un 12% el consumo energético del país para el mismo año, (MINVU-DITEC, 2014). Cobra relevancia entonces la reducción de combustibles fósiles asociados al consumo, no solamente debido a la generación de residuos contaminantes sino también, por costo incide en la capacidad de elección del usuario, y a nivel macro, la inestabilidad de los precios afecta para una proyección de resultados en relación hacia el logro de objetivos de ahorro económico-energético. (Wygard, 2015; p. 20).

Respecto de la incorporación de energía fotovoltaica como ERNC que busca la CEV, un Informe reciente del CDEC SIC de octubre 2015 concluyó:

...no parece probable que en un escenario como el actual, el Estado chileno opte, por ejemplo, por subsidiar la compra de paneles solares, en circunstancias en que los inversionistas lo están haciendo a gran escala sin la necesidad de subsidio, y añade: estimados los costos de transmisión y distribución en 0,04 USD por kWh, y los costos de la autogeneración en 0,11 USD por kWh, la autogeneración no es rentable. (Centro de Despacho Económico del Sistema Interconectado Central, 2015; p. 125)

Lo anterior, plantea si la CEV tiene un completo respaldo de medidas más allá del programa a nivel de una política permanente que impulse sustancialmente las ERNC (Energías Renovables No Convencionales) a escala domiciliaria.

La localización geográfica de la vivienda, abre la incertidumbre en el acceso igualitario a la mejor calificación energética para todas las viviendas nuevas. Si a ello, se agregan antecedentes como concentración de oferta y preferencias de futuros compradores, tamaño y materialidad, se abre un abanico de combinaciones de factores complejos de predecir para el desempeño en el tiempo del programa. Por ejemplo, en Alemania, estudios señalan que la Calificación Energética es más bien irrelevante como información para la decisión de compra, por bajo de la importancia que se da a la visita al lugar, sala de venta, amistades y asesoría de expertos. (Climate Policy Initiative, Agosto 2011; p. 14)

En términos de EE (Eficiencia Energética) e instrumento, expertos señalan que las metas crecientes de ahorro que establece el etiquetado van a depender del comportamiento del consumidor residencial y su disposición a incorporar aspectos de eficiencia energética en sus decisiones de preferencia y hábitos.

Así también a nivel metodológico del proceso de CEV, ámbitos como: contenido de la etiqueta, existencia de técnicos certificadores, métodos de cálculo y herramientas de calificación, organismos de control y vigilancia hacen necesario una formación específica de los profesionales y técnicos del área; procesos además necesarios que otros países reconocen para implementar el sistema: Alemania, Irlanda, entre otros. Solo mirando la experiencia de Alemania, para llegar a una certificación energética pasaron 32 años, reduciendo la demanda total de una vivienda desde una banda de 350 [kWh/m²año] hasta 70 [kWh/m² año]. Lo cual se debe contrastar con los 111 [kWh/m² año] nacionales destinados solo en calefacción divulgada por fuentes de gobierno local (2009), antes de la implementación de la CEV, (MINVU-DITEC, 2013), que hoy se ven refrendados a

una banda nacional desde 96,6 [kWh/m² año] en el Norte, hasta 613,2 [kWh/m²año] en el extremo Sur (MINVU, Febrero 2015).

Al considerar los primeros resultados nacionales a febrero 2015, se observa que la calificación de letras E y D son el 71,64%, luego la letra C con 16,79% del total, 0,42% en letra A y 6,13% en letra F, bajo el estándar que es la letra E. Al comparar estos resultados iniciales con avances en Europa, por ejemplo: Reino Unido, tuvo un avance paulatino, como lo ejemplifica el período 1996-2013, que logró subir en 17 años un 23% a las bandas A-C en comparación con sólo el 2% en 1996 cuando comenzó. (DCLG¹, 2015; p. 54).

Transcurridos dos años de calificación voluntaria en Chile a noviembre de 2015, de 17.087 viviendas totales participando del proceso, equivalente a 108.478,20 m²; representa un 9,82% de la superficie de un total de 1.104.824 m² con permiso de edificación obra nueva al mismo mes (Estadísticas Mensuales de Edificación Aprobada, 2015).

Al revisar resultados de noviembre 2015 (Tabla 1) informados en página web de la CEV respecto a cifras generales de cantidad de viviendas calificadas, no se ven importantes cambios en los porcentajes por cada nivel, solo cumpliéndose el mínimo en su mayoría, el 72,28% se ubican en la banda de resultados entre D y E, cumpliéndose el estándar mínimo de Letra E, un 43,05%; equivale a la transmitancia térmica mínima indicada en el Art. 4.1.10 de la O.G.U.C.

VIVIENDAS LETRAS DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	PRECALIFICACIÓN		CALIFICACIÓN		TOTAL	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
A	192	1,1	4	0,0	196	1,15
B	622	3,6	96	0,6	718	4,20
C	1793	10,5	835	4,9	2628	15,33
D	2583	15,1	2420	14,2	5003	29,23
E	3452	20,2	3904	22,8	7356	43,05
F	726	4,2	361	2,1	1087	6,36
G	32	0,2	67	0,4	99	0,58
TOTAL	9400	55,0	7687	45,0	17087	100,00

Tabla 1 Resultados Calificación Energética de Viviendas. Noviembre 2015

FUENTE: <http://calificacionenergetica.minvu.cl/avances-de-la-calificacion-energetica-de-viviendas/>

Un tercer pilar que fundamenta el programa CEV, es ambiental en el contexto de contaminación del aire de las ciudades. La aplicación del programa de calificación energética se vuelve relevante desde Valparaíso a Coyhaique (MINVU-DITEC, 2014), ésta fuente señala que la OMS atribuye en general a más de dos millones de muertes prematuras por contaminación del aire al año. En Chile, se calcula que 23.400 ton de MP10² se liberan al aire cada año asociado sólo a calefactores. (MINVU-DITEC, 2014). Además, al considerar que la macro-zona concentra: (1) la mayor cantidad de población, (2) una variabilidad de zonas térmicas, cinco de un total de 7, (3) la amenaza a la salud por contaminación a base de sistemas de calefacción, (Centro Nacional de Medio Ambiente

¹ DCLG, formato comprensivo que indica Department for Communities and Local Government.

² MP10, son partículas de diámetro menor o igual a 10 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Por su tamaño, el MP10 es capaz de ingresar al sistema respiratorio del ser humano. Mientras menor sea el diámetro de estas partículas, mayor será el potencial daño en la salud. Fuente: <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-43790.html> (Extraído 20.10.16)

de la Universidad de Chile, 2011); y (4) concentración de una variada y numerosa oferta inmobiliaria; hace que se vuelva interesante analizar y cuantificar la viabilidad técnica y económica de las medidas y metas de ahorro propuestas por la calificación energética para esta macro-zona.

Un cuarto pilar es el económico. En relación a la rentabilidad por sobre la inversión para alcanzar cifras mayores de ahorro de energía, se debe mejorar la calidad de la construcción desde el punto de vista térmico. Por consiguiente, este mejoramiento, posee, actualmente un costo de inversión inicial elevado, en comparación a una construcción tradicional. Por no haber mercado desarrollado no se ha cuantificado la incidencia que pueda conllevar la implementación de esta medida en la variación de precios finales en la oferta bajo la nueva CEV.

En relación a la rentabilidad de la Eficiencia Energética la Comisión Nacional de Energía señala que:

La eficiencia energética no se materializa necesariamente cuando la tecnología está disponible y su incorporación es rentable. Aun cuando los precios reflejen los costos reales de la energía, esto no es suficiente para la adopción de la eficiencia energética, pues existen importantes fallas de mercado y barreras a su introducción. Los equipos de uso eficiente, las medidas de gestión y la capacidad técnica adecuada no siempre están disponibles en el mercado, pero, aún si lo estuvieran, muchos usuarios no los incorporarían porque desconocen su existencia, no tienen la información técnica necesaria para tomar una decisión o, simplemente, porque no están conscientes de las oportunidades derivadas de la eficiencia energética. (Comisión Nacional de Energía, 2008; p. 59)

Estudios recientes respecto de la aceptación de medidas de ahorro, por ejemplo, implementación de Colectores Solares Térmicos (CST) impulsada por la Ley N°20.365 (hoy actualizada a Ley N°20.897) concluye que solo el 24% de los encuestados percibe ahorro del sistema y el 16% señaló que no funcionó en invierno y que tuvo problemas por el sol. (O2B Consultores, Noviembre 2013)

En el ámbito inmobiliario, los estudios realizados recientemente en Chile, señalan que, en orden de importancia de atributos declarados por la oferta inmobiliaria, solo el 1% le atribuye importancia a la certificación energética, comparado con el 22% que se da a medidas puntuales como doble vidriado hermético (Encinas, 2014). Respecto a la intención de compra las encuestas indican en orden de jerarquía: la ubicación de la vivienda 20%, valor de la vivienda 19%, seguridad 14%, y luego en cuarto lugar con un 9% la eficiencia energética (CDT-CChC-MINVU-CORFO, 2015).

En la misma encuesta citada anteriormente, frente a la pregunta, ¿Cuál es la principal razón que cree Usted que las viviendas eficientes y sustentables no se masifican en Chile?, en promedio, el 58% responde: porque no se conocen sus beneficios y el 42% responde porque tiene un precio más alto. (CDT, et al; 2015).

Frente a la pregunta consultada en la Región Metropolitana por una encuesta, ¿Cuáles de las siguientes ventajas de las viviendas sustentables le parece más importante? Si bien hay un 33% de conciencia del menor impacto ambiental, el 25% considera importante los menores gastos de energía y agua, marcando una baja de 12% respecto a la primera medición, y frente a la elección de una vivienda sustentable, la encuesta de percepción valora en un 50% la entrega de información de ahorro mensual y el 28% de los encuestados indicó la necesidad que se entregue información sobre beneficios para la salud y en tercer lugar con un 22% información sobre tecnología que incorpora.

Se evidencia la falta de información, junto a la dificultad para obtener financiamiento para este tipo de inversiones, lo que atenta contra la incorporación del uso eficiente de la energía en la vivienda, privilegiando una menor inversión inicial y no un menor costo total a lo largo del ciclo de vida del producto. (Comisión Nacional de Energía, 2008; p. 59)

Entendiendo que la CEV se debe desarrollar con una mirada integral, con medidas concretas, consensuadas, conocidas y permanentes en una política de largo plazo es que se plantean las siguientes preguntas de investigación para el presente trabajo:

¿Para el comprador se traduce en beneficio económico, mayor confort térmico y calidad ambiental el invertir en viviendas nuevas con mejor Calificación Energética?

¿Es para el promotor inmobiliario viable invertir en el mejoramiento térmico de sus proyectos de viviendas nuevas en venta para alcanzar una mejor Calificación energética y con ello mejorar el producto?

1.2. Hipótesis.

La aplicación de las mejoras constructivas térmicas contenidas en el programa de Calificación Energética de la Vivienda, serán viables una vez que el conjunto de medidas para el mejoramiento térmico y metas de ahorro económico propuestas por el MINVU, impacten como atributo relevante en la decisión de compra, generen un beneficio cuantificable para la oferta y la demanda promoviendo alcanzar las metas de ahorro de energía y la calidad ambiental.

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Identificar, clasificar y seleccionar aquellas medidas constructivas para el mejoramiento térmico incorporadas en el Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU para evaluar la incidencia sobre los precios de venta y metas de ahorro económico que persigue el Programa de Calificación Energética en Viviendas Nuevas (CEV), aplicado en el sistema de agrupamiento y sistema constructivo predominante, para tres tipos energéticos principales en tres horizontes de tiempo de retorno de la inversión, en la zona térmica tres.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Identificar y jerarquizar las variables relevantes del programa CEV a partir de la metodología oficial que propone la Calificación Energética, para alcanzar progresivos ahorros de energía en la vivienda.

Caracterizar la oferta constructiva-térmica de los productos inmobiliarios de la zona 3 y cuantificar los ahorros de energía por tipo de energético predominante en un modelo de estudio.

Cuantificar los ahorros económicos y la rentabilidad, basado en las medidas constructivas de mejoramiento térmico propuestos por el MINVU, en relación a la inversión inicial de cada una de estas soluciones según los horizontes de retornos estimados de 10, 15 y 20 años.

Factibilizar Técnica y Económicamente la aplicabilidad de cada medida de mejoramiento térmico sensibilizando los cambios de las tasas exigidas de retorno de la inversión, calculando el período de recuperación del capital, certidumbre y riesgo del modelo de estudio, determinando su rentabilidad según mejoramiento para decidir si promover o desalentar una eventual inversión para alcanzar una mejor Calificación Energética.

1.4. Metodología.

Las etapas de investigación son las siguientes:

Primero en la revisión bibliográfica inicial se buscó recoger la discusión más reciente en torno a la conceptualización y aplicabilidad de la eficiencia energética. Se seleccionó bibliografía puntual en inglés para enriquecer las distintas perspectivas que se dan en torno a la paradoja de la eficiencia energética EE³. Luego se hizo una revisión respecto al estado de avance de la Calificación Energética en Europa y estudios nacionales, para revisar el impacto potencial de los certificados de eficiencia energética en el mercado de venta de viviendas nuevas.

En segundo lugar, a fin de identificar y describir variables relevantes del programa, se hizo un análisis del Art. 4.1.10 de la O.G.U.C y su reglamento de aplicación para caracterizar la zona térmica 3.

Para la presentación del caso de estudio, se decidió explorar y analizar y sintetizar la oferta que presenta el MINVU en la base de datos en su sitio oficial, en relación a los proyectos de viviendas construidas en la RM para sectores medios, la cual se caracterizó y clasificó por locación, bandas de precios y características térmicas de la envolvente: materialidad, existencia oferta térmica.

Seguido, se hizo revisión, análisis y síntesis del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, para el sistema constructivo principal para la zona de estudio que fue la albañilería armada.

³ EE, formato comprensivo de Eficiencia Energética.

Luego, se hizo una revisión y análisis al Manual de Procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas. Resolución Exenta n° 3018 del MINVU, publicada en el Diario Oficial el 13 de noviembre de 2013. Se propuso una síntesis explicando su aplicación al caso base de estudio.

Para cuantificar la demanda, consumo y los ahorros de energía se hicieron simulaciones ocupando el instrumento de evaluación de análisis de la planilla de cálculo CE_CHILE.xls provista por MINVU en el sitio oficial de la calificación energética, para la zona 3, implementando de manera creciente las medidas pasivas propuestas publicadas por la CEV, se resumieron en un cuadro y se eligieron las que permitieron progresivos ahorros de energía y mejor calificación, para luego en la siguiente etapa efectuar la evaluación económica y cuantificar sus beneficios.

Se hizo una recopilación de datos en fuentes oficiales, a saber: la encuesta Casen permitió caracterizar el grupo socioeconómico de la demanda del producto inmobiliario, complementado con un análisis y síntesis de resultados del Informe Usos y Conservación de la Energía, para un perfil de consumo más detallado para la zona 3.

Para determinar las bandas de ahorro económico, se trabajó con el cuadro de resultados de consumo y ahorros simulados anteriormente, y se consultó la Encuesta Presupuestos familiares 2012 de distribución de gasto mensual por hogares por nivel socio económico. Este estudio permitió establecer un análisis paralelo entre consumo teórico que entrega la herramienta de calificación y el perfil de gasto real que destina una familia en calefacción al mes al cambiar de energético.

Se recurrió a fuentes oficiales como la Comisión Nacional de Energía para determinar las fuentes de energéticos predominantes del segmento de estudio y extraer las tarifas de energía eléctrica reguladas y se cotizó los energéticos principales asociados al consumo de calefacción en los portales de cotización disponibles online promovidos por las autoridades.⁴

Seguido, se efectuaron simulaciones para los flujos de caja de cada medida para tres horizontes de retorno de inversión (10-15 y 20 años) por tres tipos de energéticos predominantes: electricidad, gas, kerosene doméstico desde el punto de vista del eventual comprador.

Se analizó el período de recuperación de la inversión a una tasa de descuento del 10% para el usuario final, por cada medida propuesta de mejoramiento.

A continuación, se analizaron los cambios en los retornos de la inversión ocupando el indicador TIR y VAN para el inversionista y se efectuaron los ajustes de costos directos para no afectar la rentabilidad.

Finalmente, se factibilizó la propuesta de (CEV) para el caso de estudio, implementando cambios en las variables que encierran incertidumbre, sensibilizando dinámicamente aquellas para detectar el grado de incidencia en la evaluación económica. Se cerró cada capítulo con una síntesis de resultados. Las conclusiones del estudio se acompañaron con líneas futuras de investigación.

⁴ Portales de cotización de energéticos: <http://www.parafinaenlinea.cl/>;
http://www.gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere_id=0; <https://www.chilectra.cl/tarifas>

1.5. Estado del Arte.

1.5.1. Implicancias de la Eficiencia Energética (EE).

La IEA (*International Energy Agency*) es una organización internacional líder en el trabajo y estudio del consumo energético a nivel mundial que surge en los años 1973-1974 a raíz de la crisis del precio del petróleo congregó a veintiocho países miembros, en su mayoría europeos, y su labor fué entregar asesoría en políticas energéticas que entreguen energía segura, asequible y limpia para sus ciudadanos (IEA, 2012).

La IEA indicó que una política energética balanceada debe contar con las tres “E” (1) energía segura, (2) energía con desarrollo económico y (3) energía con protección medioambiental. La eficiencia energética permite desarrollar al mismo tiempo estas tres “E” porque hace que los países sean menos dependientes de suministro eléctrico extranjero (uso de energía renovable propia de cada país), impulsa ahorro económico (mejora estándar de vida al disponer de más dinero) y reduce los gases efecto invernadero (GEI) (menor necesidad de fuentes energéticas como los combustibles fósiles).

De este modo, la IEA responde a la pregunta ¿Qué es la eficiencia energética? En base a la siguiente descripción: “Una cosa es más eficiente si entrega más servicios por la misma energía de entrada, o los mismos servicios por menos energía de entrada”. Este concepto se establece en contraposición, o más bien, para diferenciarse de lo que es la conservación (IEA, 2012).

En Chile la eficiencia energética en la vivienda se define como:

La cantidad de energía mínima necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar de la vivienda, manteniendo o mejorando el nivel de servicio o confort. (MINVU, 2013)

Vista de esta manera surgen algunas preguntas: ¿Por qué la eficiencia energética no tiene una mayor penetración en las políticas públicas, viendo el caso de Chile al año 2016? ¿Qué factores hacen que finalmente se transforme en un obstáculo por sobre un avance en materia de gestión energética? ¿Qué hizo que pasara de un medio a un fin?

Una respuesta general a las preguntas anteriores puede ser la llamada paradoja de la eficiencia energética, o la «brecha» de esta (*Energy efficiency gap*). Esta paradoja consiste en que a pesar de la constatación del ahorro por la eficiencia energética no parece presentar evidentes ventajas económicas contrastadas con el nivel de inversión y los ahorros por dichas ventajas. (LLamas, 2009; p. 5). Este autor señala que, por un lado, están los que defienden que la llamada paradoja de la eficiencia energética no es tal: las inversiones que tienen lugar realmente son las económicamente óptimas, dado que, salvo algunas excepciones, los mercados energéticos son eficientes y por otros aquellos que defienden que los mercados energéticos están llenos de fallos.

Algunos autores señalan que los hábitos de los usuarios en relación a reducir el consumo de energéticos no solo deben ser revisados caso a caso, sino que estudiados en un complejo cultural más amplio.

El estudio de los hábitos, abre la perspectiva humana del consumo de energía, este enfoque puede ayudar a catalizar y amplificar el ahorro. Esto es debido a los muchos factores sociales, culturales y psicológicos que dan forma a las pautas de comportamiento asociados a la elección, adopción, uso y mantenimiento de la tecnología asociada a la eficiencia energética. Los comportamientos, elecciones y prácticas energéticamente inteligentes juegan un rol clave en el desbloqueo de fuentes adicionales de ahorro energético, al tiempo que aseguran la permanencia de esos ahorros en el futuro. (International Energy Agency, 2015, p. 21)

La dimensión político social cobra relevancia, cuando se focalizan los programas en familias con falta de recursos. Reino Unido, por ejemplo: se refiere a la ineficiencia energética de la vivienda como consecuencia de la falta de recursos económicos para mejorar su calidad. Además, detecta tres factores que contribuyen a la pobreza energética: (1) nivel de ingreso, (2) costos de la energía y (3) calidad de las viviendas.

La experiencia ha demostrado que el reacondicionamiento térmico de viviendas y otras mejoras en EE (por ejemplo, aislamiento de cañerías, mejora de calefones, reemplazo de artefactos ineficientes, etc.) enfocados en familias de bajos ingresos, son considerados como los medios más racionales y sustentables para lograr una solución permanente y efectiva al problema de las casas frías o ineficientes. Esto se debe a que los programas de EE implican un único desembolso económico por parte del Estado que reduce sustancialmente requerimientos energéticos, lográndose simultáneamente un mayor nivel de confort y calor para las familias afectadas, además de una reducción de los gastos del gobierno en tarifas sociales y subsidios para el pago de cuentas de energía. (Mires, 2014, pág. 3).

Por otro lado, otros autores avanzan en consensuar mecanismos de financiación haciendo propuestas de esquemas financieros aplicables a proyectos de eficiencia energética, incluyendo también las energías renovables no convencionales. Se reconocen importantes dificultades en la financiación de la eficiencia energética por la baja prioridad que los usuarios finales del sector privado dan a la inversión de capital o la utilización de su capacidad de crédito para financiar la eficiencia energética en comparación con otras actividades de negocio. El problema emana de la inversión y retornos relativamente pequeños de los proyectos de eficiencia energética, aunque haya casos en que la TIR es elevada, también las tasas de descuento están muy por sobre el mercado. La diferencia entre los tipos de interés de mercado y las tasas de descuento de los consumidores se considera, en ocasiones, la principal barrera o fallo de mercado que explicaría, por ejemplo: la paradoja de la eficiencia energética.

Por ejemplo, desde la perspectiva inmobiliaria el inversionista aumentará la solicitud de un préstamo para mejoras constructivas o mejoras en tecnología, cuando el reembolso del préstamo se vea reflejado en los nuevos costos para el mejoramiento. La capacidad del inversionista para pagar un préstamo para una inversión por aumentos de costos, dependerá de la aceptación del producto en el mercado y su precio ya que los clientes finales deben estar dispuestos a comprar el producto y aceptar precios más altos.

El investigador Linares Llamas (2009) resume las principales razones que permiten explicar una inversión menor de la esperada en ahorro y eficiencia energética, en el siguiente listado:

- Bajos precios de la energía.
- Costes de inversión mayores que los previstos.
- Incertidumbre e irreversibilidad de las inversiones.
- Fallos de información que pueden incluir tanto información asimétrica, como información imperfecta o miopía.
- Racionalidad acotada.
- Lentitud del proceso de difusión tecnológica.
- Problema principal-agente.
- Imperfecciones en el mercado de capitales.
- Heterogeneidad de los consumidores.
- Divergencia entre las tasas de descuento privadas y las sociales.

En relación al último punto, Reino Unido, aplica tasas de descuento social diferenciadas por horizontes de tiempo de inversiones distintas. Otros autores plantean que de acuerdo al tipo de intervención (ejemplo: agua caliente, recambio de equipos de calefacción y refrigeración, intervención física de la envolvente, etc.) se deben tener tasas de descuento social y privadas diferenciadas.

Finalmente, la elección de una adecuada tasa de descuento a contemplar para traer a valor presente los flujos de caja, implicaría una investigación particular que no se aborda en esta tesis. Sin embargo, se tomó como referencia parámetros recientes de Europa para sensibilizar los resultados y ampliar la discusión. (Ver anexo A.).

1.5.2. Referentes internacionales de Programas de Calificación Energética.

La voluntad de la clasificación de los edificios en función de su eficiencia energética es otra de las consecuencias de la crisis de precios del petróleo de los años 70. La introducción de metodologías para la certificación energética surgió a principios de los años 80 centrándose en un primer momento únicamente en los edificios destinados a viviendas según Galiano (2013), que hizo un recuento histórico de los procesos de certificación.

Se dan pasos en Francia desde 1980 que introduce la certificación energética de sus edificios a través del Certificado de Aislamiento de las Viviendas en 1983, luego se implanta la certificación energética a través del Código Nacional de la Edificación el año 2005, y ya desde enero de 2009 todos los edificios existentes, tanto residenciales como no residenciales, deben contar con certificado de eficiencia energética que se debe aportar en caso de alquiler o venta.

En Dinamarca desde 1961 se disponía de regulaciones contenidas en su código de la edificación en el que se definen requisitos para evaluar el comportamiento energético de los edificios, en 1997 la certificación energética es obligatoria para edificios nuevos o remodelados luego introdujo importantes exigencias en la transmitancia térmica (2010) haciéndolas obligatorias el año 2011.

En Alemania ya desde 1977 se publica la primera Ordenanza de Aislamiento Térmico, en 1982 la certificación energética es aprobada en Alemania, aunque en este caso de carácter voluntario. Desde 2002 para todos los edificios de nueva construcción y para reformas integrales. Desde 01/2009 para todos los edificios residenciales, nuevos y existentes. Desde 07/2009 para todos los edificios no-residenciales. Desde 07/2008 para los edificios residenciales hasta una antigüedad de construcción de 1965. Los certificados tienen una validez de 10 años.

Al finalizar la década de los años 80 en el siglo pasado, la certificación energética, aunque voluntaria en algunos casos, empezó a aplicarse de manera gradual entre los países de la UE. De este modo, Austria aprobó una certificación energética voluntaria que fue desarrollada, en relación con los incentivos económicos, para edificios altamente eficientes. En Holanda, a principios de los años 90, se introdujo en los edificios residenciales, una certificación voluntaria y luego, la certificación de nuevos edificios quedó reflejada por primera vez en la legislación a principios de 1995, con la aprobación de la Norma sobre el Comportamiento Energético de los Edificios. En el Reino Unido la certificación energética para todos los edificios de nueva planta fue obligatoria desde 1995⁵. Estos avances fueron impulsados para limitar la emisión de CO₂, y promover un uso más racional de la energía en la Comunidad Económica Europea.

Por otro lado, existe un grupo de países que no actualizan sus normativas e introducen a cambio pequeñas modificaciones, tomando medidas en la dirección del desarrollo de nuevos códigos de la edificación. Esta situación se da en dos tipos de países, aquéllos con una larga tradición en materia

⁵ SAP, Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings. A partir del año 2001, la certificación energética en Gran Bretaña se extiende a las viviendas existentes. Desde el año 2005 a todo tipo de edificios.

de evaluación energética de los edificios y métodos consolidados, y los países del sur de Europa, España, Portugal, Italia y Grecia, con climas menos exigentes y normativas más laxas.

Además, se faculta a los miembros que parten de niveles de consumo de energía relativamente bajos y, por lo tanto, de emisiones también bajas, para fijarse objetivos y estrategias en materia de CO2 que correspondan a su desarrollo económico y social al tiempo que vayan mejorando la eficacia energética de sus actividades.

Actualmente en Chile, también entró en un proceso de revisión de su normativa, al igual que en otros países de la región (Brasil, Argentina, entre otros) que comienzan a revisar sus códigos de la edificación introduciendo, por ley, metodologías concretas para la evaluación y certificación energética de los edificios de carácter obligatorio.

Aunque la etiqueta propuesta en Chile muestra el consumo de CO2 estimado para la vivienda no es parte integrante para obtener la calificación.

Inglaterra es uno de los países que antes impuso el proceso de certificación (2008). Su normativa es aplicable a viviendas existentes y nuevas construcciones, siendo la denominación del certificado de eficiencia energética EPC⁶ y tiene por objeto proporcionar a los posibles compradores y arrendatarios de una vivienda la adecuada información sobre la eficiencia energética de la misma e incorporar una serie de consejos prácticos sobre cómo mejorarla (para reducir los costes de consumo energéticos), junto con una indicación del periodo de amortización. Esto se diferencia de lo que propone la CEV, ya que en Chile no hace propuestas de amortización.

El instrumento mencionado presenta un índice de eficiencia energética de la A a la G, donde A es el grado de mayor eficiencia y G el menor (Figura 2). Cuanto mejor sea la calificación, más eficiente será el edificio y menor será el gasto energético. Cada calificación de eficiencia energética se basa en las características del edificio relativos a su envolvente y de sus instalaciones, tales como: calefacción, ventilación e iluminación.

⁶ Energy Performance Certificated: Certificado de Eficiencia Energética.

Energy Performance Certificate (EPC)



17 Any Street, District, Any Town, B5 5XX

Dwelling type: Detached house
Date of assessment: 15 August 2011
Date of certificate: 13 March 2012

Reference number: 0919-9628-8430-2785-5996
Type of assessment: RdSAP, existing dwelling
Total floor area: 165 m²

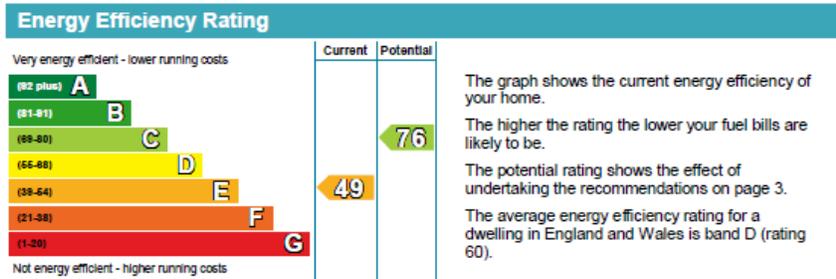
Use this document to:

- Compare current ratings of properties to see which properties are more energy efficient
- Find out how you can save energy and money by installing improvement measures

Estimated energy costs of dwelling for 3 years	£5,367
Over 3 years you could save	£2,865

Estimated energy costs of this home			
	Current costs	Potential costs	Potential future savings
Lighting	£375 over 3 years	£207 over 3 years	
Heating	£4,443 over 3 years	£2,073 over 3 years	
Hot water	£549 over 3 years	£222 over 3 years	
Totals:	£5,367	£2,502	

These figures show how much the average household would spend in this property for heating, lighting and hot water. This excludes energy use for running appliances like TVs, computers and cookers, and any electricity generated by microgeneration.



Top actions you can take to save money and make your home more efficient

Recommended measures	Indicative cost	Typical savings over 3 years	Available with Green Deal
1 Increase loft insulation to 270 mm	£100 - £350	£141	✓
2 Cavity wall insulation	£500 - £1,500	£537	✓
3 Draught proofing	£80 - £120	£78	✓

See page 3 for a full list of recommendations for this property.

To find out more about the recommended measures and other actions you could take today to save money, visit www.direct.gov.uk/savingenergy or call 0300 123 1234 (standard national rate). When the Green Deal launches, it may allow you to make your home warmer and cheaper to run at no up-front cost.

Figura 2 Ejemplo de certificado de eficiencia energética en Inglaterra.
 Fuente: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/49997/1790388.pdf

El EPC⁷ incluye recomendaciones para ayudar a los propietarios y ocupantes a mejorar la eficiencia energética del edificio, lo que coincide con la memoria de la CEV (MINVU, 2013, pág. 1), pero que no se incluye en la etiqueta. Estas recomendaciones aportan mejoras rentables desde el punto de vista económico y otras mejoras que permiten alcanzar estándares más elevados, pero no necesariamente igual de rentables. Para cada recomendación se enumeran los costes de su implantación, el ahorro que producen y la calificación obtenida tras su hipotética aplicación.

⁷ Energy Performance Certificated: Certificado de Eficiencia Energética.

Método de cálculo y herramientas de calificación.

El SAP⁸ es la metodología utilizada para evaluar y comparar el rendimiento energético y medioambiental de las viviendas en Inglaterra. Su propósito es proporcionar evaluaciones precisas y fiables sobre las actuaciones energéticas de las viviendas que son necesarias para sustentar las iniciativas de energía y de política ambiental. La calificación de energía de un edificio es un cálculo complejo que se basa en una combinación de diferentes factores, (The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2015); a saber los siguientes:

- La tipología del edificio.
- Año de construcción
- El número de recintos habitables (con exclusión de las cocinas, pasillos de acceso a baños, escaleras y terrazas)
- Superficie de construcción y áticos.
- Las dimensiones del edificio y el número de plantas.
- La cantidad y el tipo de acristalamiento (simple o doble)
- Materiales utilizados en la envolvente
- Aislamiento existente en la envolvente.
- Composición de la cubierta y si dispone de aislamiento.
- Número de chimeneas y conductos de ventilación existentes.
- Los sistemas de calefacción y el tipo de combustible utilizado.

El método evalúa la cantidad de energía que una vivienda va a consumir al incluir una serie de premisas con un nivel definido de comodidad y condiciones ambientales. La evaluación se basa en suposiciones estandarizadas en base a la ocupación de la vivienda y el comportamiento normal de sus usuarios. Con ello se puede realizar una comparación de igual a igual entre el rendimiento energético de viviendas de similares características. Uno de los beneficios es obtener de forma bastante precisa los costes del energético y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidos por la vivienda anualmente.

Se cuantifica el rendimiento de una vivienda en términos de:

- Uso de energía por unidad de superficie.
- Una clasificación basada en los costes y eficiencia energética del sistema de calefacción y las emisiones de CO₂.

Las emisiones de CO₂ se calculan en base al cálculo del TER⁹, que es el índice de emisiones de CO₂ de la vivienda objeto respecto a la vivienda de referencia y se expresa en kg de CO₂ por m² de superficie por año. (kCO₂/m² año)

⁸ Standar Assessment Procedure (Procedimiento de Evaluación Estándar)

⁹ TER: Target Emission Rate (Tasa de Emisión Objetivo).

En esta clasificación, no se valora la localización del edificio, su climatología, ni consumo de iluminación y electrodomésticos. Para evaluar la demanda energética de debe considerar las siguientes variables: calefacción, agua caliente y energía utilizada en bombas y ventiladores.

En Inglaterra y Gales, el Certificado de Comportamiento Energético es obligatorio desde el 01/01/2008 para edificios nuevos; desde el 06/04/2008 para edificios comerciales nuevos; desde el 01/10/2008 para otros tipos de edificios en alquiler; desde el 06/04/2008 para edificios comerciales con una superficie mayor de 500 m² en caso de alquiler (desde el 01/10/2008 para otros tipo de edificios); desde el 01/10/2008 para todos los edificios existentes en caso de venta (excepto edificios comerciales con una superficie mayor a 500 m² (para ellos es obligatorio desde el 01/04/2008).

Con todas estas medidas y en base a las últimas novedades introducidas desde Europa, el compromiso del Reino Unido es que las nuevas viviendas deben ser de consumo casi nulo a partir de 2016, lo que representa un desafío en términos de poder evaluar.

1.5.3. Estado de Avance de Calificación Energética en Europa.

Actualmente en Alemania, el debate se centra en lo conceptual. Se avanza en el perfeccionamiento y la comprensión del impacto de la calificación energética en consumidores y desarrolladores inmobiliarios. Estudios señalan que se debe esperar del usuario un comportamiento como un actor informado para que la calificación pueda influir en la compra y arriendo; por lo pronto, las investigaciones recientes en Alemania buscan cuantificar que tan confiable es la información que entregan los certificados como también que tan clara y explicativa es la etiqueta, ya que como señalaron los especialistas de *la División del Medio Ambiente y Energía de Lawrence Berkeley Laboratory Berkeley CA.*:

... las opciones de consumo revelan información acerca de preferencias subyacentes, y la aceptación o rechazo de las tecnologías de EE refleja una evaluación racional de los costos y beneficios pertinentes. (Sanstad & Howarth, 1994)

En términos generales, las principales barreras que encuentran los programas y medidas de eficiencia energética en la actualidad, son la disponibilidad de información robusta y precisa con la que puedan formarse juicios certeros y definirse mecanismos de toma de decisiones que minimice las incertidumbres, (Segovia, 2014; p.9). En relación a la percepción y calidad de la información contenida en los certificados de eficiencia energética, un estudio efectuado en Alemania señaló que la mayoría de los encuestados encontraron que el certificado era comprensible (Media = 4,73), sin embargo, sólo el 58% restante entendió las dos formas de calificación de la CPE, y sólo el 21% recordó la información correctamente. Respecto a la credibilidad de la información su puntuación es baja (media = 4,24), con solo un 44% de confiabilidad.

El estudio concluyó que frente a la elección incluso de viviendas similares, el certificado de eficiencia energética no se vuelve un factor relevante y no crea factores diferenciadores frente a otros atributos (figura 3). Los autores estiman relevante los avances políticos y los instrumentos financieros para acrecentar la importancia del proceso de calificación. (Climate Policy Initiative, Agosto 2011)

Figure 11: Responses to “Please rate the importance of the following purchasing criteria on a scale of 1-7.” Energy efficiency was evaluated to be a relatively unimportant purchasing criterion.

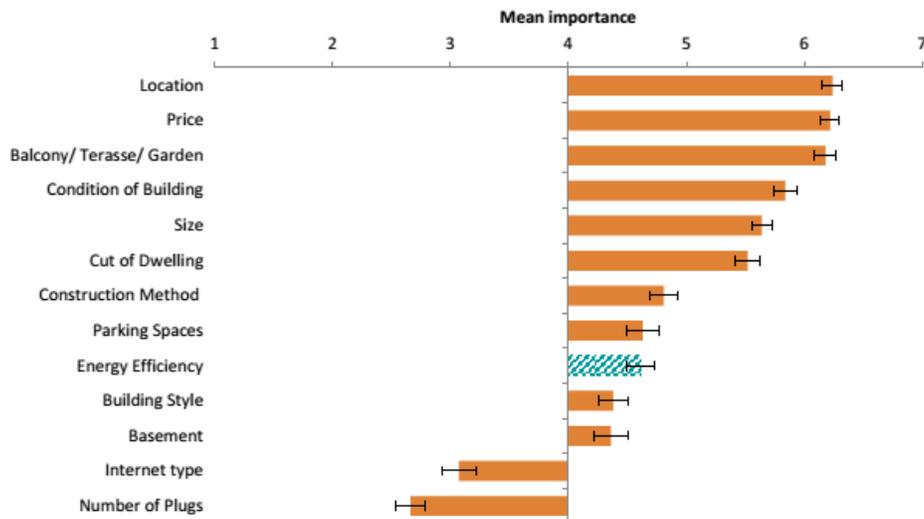


Figura 3. Evaluación de la Importancia de la Eficiencia Energética en decisión de compra en Alemania.

En relación a los incentivos como un factor condicionante de la ejecución de la inversión un estudio señala que:

...para realizar inversiones en pos de alcanzar objetivos de eficiencia radica en la incertidumbre e irreversibilidad de las inversiones ya que la dificultad de recuperar el coste confunde si son necesariamente rentables. Hasta la fecha, la mayoría de los bancos e instituciones financieras dudan de un flujo de caja significativo pueda ser generado a partir de proyectos de eficiencia energética, y más aún; pueda contar con el efectivo para devolver los préstamos relacionados. (Efficiency Valuation Organization, 2009; p. 7)

En segundo lugar, fallos de información puede hacer imperfecta la evaluación inicial, cuando no se tiene estudiado todos los elementos conduciendo al inversor asignar mayor peso al coste inicial o minimizar los beneficios del ahorro a largo plazo. (Sáenz de Miera & Muñoz Rodríguez, 2009; p. 6). Finalmente, las cuestiones culturales o de sensibilización pueden conducir al consumidor a no interiorizarse del valor del ahorro en energía, y en muchos casos tampoco identificar potenciales comportamientos de ahorro que puede efectuar en su beneficio.

En resumen, el cumplimiento de los objetivos de eficiencia y ahorro energético hace necesaria la utilización de instrumentos económicos, técnicos, jurídicos, de información y sensibilización. Entre los instrumentos prioritarios a desarrollar, atendiendo a consideraciones de eficiencia, se deberían

contemplar: (1) planes de ahorro y eficiencia energética; (2) incentivos económicos, (3) reglamentaciones técnicas y estándares, (4) información y sensibilización en materia de ahorro energético; y (5) propuestas específicas para el desarrollo de mercado de servicios energéticos y la promoción de las ESCO. (Sáenz de Miera & Muñoz Rodríguez, 2009).

1.5.4. Investigación y Avance de la calificación energética en Chile.

En relación a la investigación en Chile, hay un abanico amplio de trabajos que avanzan en presentar una perspectiva no solo técnica sino también la viabilidad económica de implementar medidas de mejoramiento constructivo térmico.

Se puede decir que en el sector inmobiliario hay dos grandes frentes de análisis: por un lado, a partir del confort interior insuficiente se busca alcanzar mejores condiciones de habitabilidad y por otro el alto consumo energético, ambos productos de una edificación deficiente. (Gerber, Hempel, Hatt, & Saelzer, 2012)

Considerando la importancia de la construcción y venta de vivienda nueva de interés público, se señala que es posible hoy con el actual desarrollo del estado de arte, el uso de estrategias arquitectónicas, sistemas y técnicas constructivas aplicando el uso de recursos energéticos renovables, que pueden ser significativamente mejorada, lograr confort con el empleo eficiente de la energía. (Bustamante, 2009).

La envolvente térmica de la vivienda encabeza la lista de requerimientos para limitar la demanda energética y es considerada un factor fundamental. (Escoria O. , García, T, Trebilcock, & Bruscatto, 2012).

El análisis propuesto por otros investigadores se inició reconociendo las condiciones climáticas, aspectos morfológicos y constructivos (Celis , Escordia, Díaz , Garcia, & Echeverría, 2012), estos han permitido crecientes avances en la reglamentación térmica y también crear guías de actuación de carácter voluntario introduciendo consideraciones a la reglamentación térmica vigente. Bustamante, 2009 enumeró una serie de críticas y mejoras a efectuar en la reglamentación, entre las que destaca la eficiencia energética requiere elevar los estándares de comportamiento térmico de algunos elementos de la envolvente.

Estos estándares, son difíciles de establecer, no son coincidentes y varían de un instrumento a otro. (Alvarado, Celis, Echeverria, Oyola, Sanchez, & Trebilcock, 2013). Por otra parte, la reglamentación térmica nacional no incorpora variables referentes al diseño eficiente de los sistemas constructivos (Muñoz & Soto, 2014), ni tampoco indicaciones referente a cuestiones morfológicas, no existe normativa o reglamentación con respecto a la orientación de las edificaciones, su coeficiente de forma, factor solar, porcentaje de obstrucciones u otras características determinantes a la hora de posicionarse de un modo más eficiente para minimizar pérdidas y maximizar ganancias energéticas. (Celis, Escoria, Díaz, Echeverria, & Garcia, 2012)

En relación al análisis de rentabilidad por sobre la inversión, la metodología analizada no es unánime principalmente enfocándose en el re-acondicionamiento. Lo anterior debido al incentivo de subsidios de mejoramiento térmico (D.S 255, año 2006 y sus modificaciones).

Respecto al ámbito económico de las inversiones en mejoras, hay investigaciones que efectúan análisis estáticos incorporando la variable del crédito (Celis , Escordia, Diaz , Garcia, & Echeverría, 2012) con variables horizontes de inversión (10, 15 o más años).

Respecto de los métodos de evaluación económica, otros investigadores evalúan con el procedimiento de ciclo de vida de la construcción, basadas en la metodología ASTM¹⁰, cuyo objetivo es verificar si la mayor inversión inicial en un determinado sistema se compensa o no por medio de la disminución de los costos futuros, identificando asimismo los aspectos más determinantes en ese proceso. (Muñoz & Soto, 2014). Sin embargo, las metodologías revisadas no permiten identificar, cual es la tasa de descuento por sobre el capital ni tampoco como se determinan los períodos de recuperación dinámicos considerando distintos energéticos.

Por lo tanto, una inversión en la mejora de la eficiencia energética debe compararse, siempre, exclusivamente con los gastos en energía que ocurren sin una medida de mejora rentable. Se considera rentable un mejoramiento en eficiencia energética sólo, si el ahorro en gastos futuros es más alto que la adquisición de energía sin la eficiencia energética. (Hatt, 2012), el autor señala además que la rentabilidad de una inversión en un edificio no depende mucho de las condiciones diarias, sino de las condiciones durante la vida útil. Por lo demás, la extensión de la evaluación con proyectos de vida útil más larga implica no poder calcular con exactitud satisfactoria la rentabilidad, por el riesgo del aumento de los precios de la energía incide de forma diferente para una familia con un consumo energético alto, a una de menor consumo de un inferior grupo socioeconómico.

El reciente informe del BID de la división de energía del año 2015, se evaluó la pertinencia de las medidas constructivas térmicas en términos de rentabilidad, considerando una tasa de descuento privada del 10% y una TIR con una tasa de corte social del 6%. Este estudio planteó que el concepto de consumo energético debe ser diferenciado del concepto de confort térmico, pues los niveles de consumo real pueden diferir del consumo teórico necesario para estar en confort.

A través de simulaciones hechas con el sistema de calificación energética del MINVU, calcularon los niveles de consumo en confort térmico (ideal o teórico), a fin de ilustrar la distancia que existe entre estos dos niveles de consumo, que se exponen en la tabla siguiente:

¹⁰ A.S.T.M. Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Esta asociación radicada en Estados Unidos se encarga de probar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes.

RELACIÓN PORCENTUAL ENTRE CONSUMO EN CONFORT TÉRMICO Y CONSUMO REAL

	Consumo Real kWh/viv/año	Consumo en Confort kWh/viv/año	Consumo real/ consumo en confort térmico (ideal) %
ZT1	364	4.730	8%
ZT2	2.266	11.797	19%
ZT3	3.428	21.215	16%
ZT4	12.338	33.088	37%
ZT5	17.418	41.638	42%
ZT6	25.459	49.023	52%
ZT7	35.348	85.495	41%

Tabla 1. Consumo energético de calefacción por vivienda por Zona Térmica para los quintiles IV y V. Fuente: Propuestas para un programa de eficiencia energética en viviendas existentes en Chile. Monografías del BID 342. Año 2015.

De la información en la tabla, queda como materia de estudio evaluar si las mejoras constructivas térmicas con progresiva exigencia basada en la actual reglamentación térmica pueden reducir el consumo de confort al consumo real de las familias.

Si bien la temática de la eficiencia energética asociada al desempeño térmico de las edificaciones no es nueva, la incidencia de las mejoras en los valores de venta se está empezando a estudiar en Europa, no habiendo consenso en la incorporación de variables difíciles de medir como: aumento de confort, aumento de seguridad, contabilidad de reducción de emisiones, mejoras a la salud, (Hatt, 2012) así también; sigue la discusión en la cuantificación de promedios asignadas a variables económicas que inciden en la metodología de evaluación económica financiera en el mercado inmobiliario de venta de viviendas nuevas con eficiencia energética, como por ejemplo: tasa de descuento privada, tasa de descuento social, discusión crítica abierta en Chile.

1.5.5. Impacto de los Certificados de eficiencia energética en el mercado Inmobiliario.

Por lo reciente de la implementación de los certificados de EE en Europa, principalmente, los estudios están centrando su atención en la incidencia de los ahorros de energía informados en las etiquetas sobre los precios de oferta y de cierre de venta de viviendas. Algunos autores concuerdan en reconocer lo dificultoso que es categorizar las muestras para los estudios por la heterogeneidad propia del mercado. (Brounen & Kok, 2011).

Efectuando una aproximación general y revisando el avance de algunos países Europeos, se puede decir que en Irlanda, el impacto en subir un escalón en la calificación energética de unos departamentos de dos habitaciones equivale a un incremento del 2,3% en el precio de venta, mientras que en las viviendas de 3 habitaciones y 4 y 5 habitaciones el incremento es menor y se sitúa en 1,7% y 1,6% respectivamente, (Hyland, Lyons, & Lyons, 2013)

Otros estudios efectuado en Holanda, constató que los edificios más grandes tienen menos probabilidades de tener una etiqueta energética y que la adopción de la etiqueta tiende a asociarse a ventas en condiciones más complejas. Sobre un universo de 170.000 transacciones de viviendas con certificación energética las que poseen una buena calificación tienen un efecto significativo y positivo, en el incremento del precio de transacción de la propiedad; hogares con

una etiqueta "verde" (puntuación A, B o C) reciben un incremento del precio del 3,7%; y los hogares con una calificación "A" reciben un precio de la transacción 10,2% más que casas similares con una calificación de "D". (Brounen & Kok, 2011)

Otro estudio más reciente respecto al mercado holandés, señaló que un aumento de 50% de ahorro de energía por implementar medidas de eficiencia energética, se tradujo en un aumento en el precio de la transacción de alrededor de 11% por ciento para una casa promedio en el mercado de la vivienda. (Aydin, Brounen, & Kok, 2015).

En Holanda, se observó que la tendencia es a etiquetar las viviendas construidas después de la guerra, entre 1979 y 1990; y, que no hay una directa relación entre la tasa de adopción de la etiqueta y la calidad térmica del producto habitacional, por lo que no siempre se usó para promover una vivienda de calidad superior. Se señaló, además, que hay mayor aceptación en cuyos barrios donde es menor la densidad, mayores ingresos e inclinación política predominante verde o hacia la ecología; tiende a implementarse más la etiqueta. (Brounen & Kok, 2011).

En relación a variables económicas, se reconoce un sesgo en la selección y omisión, lo que lleva a estimaciones inexactas. (Aydin, Brounen, & Kok, 2015). Los estudios efectuados por diferentes instituciones europeas reconocen que la tasa de descuento es un parámetro crucial en el análisis, volviéndose una barrera o bien, pueden impulsar proyectos de eficiencia energética y que estas deben ser diferenciadas de acuerdo al inversor. También, deberían incorporar una variable que dé cuenta de lo intergeneracional de las inversiones. (Steinbach & Fraunhofer, 2015), incorporando el concepto de sustentabilidad para resguardar la garantía de existencia de recursos energéticos para las futuras generaciones.

Se puede señalar como un futuro probable un mayor conocimiento y aumento en la comprensión de la información de parte de los actores públicos, privados e instituciones. La investigación, claridad y cantidad de estudios deberán estar acompañadas de una constante medición de la penetración de la información contenida e implicancias de preferir una vivienda con etiqueta, lo cual se volverá fundamental para impulsar el fomento de ahorro energético entre los consumidores privados, siempre y cuando estos últimos perciban beneficios reales.

A nivel nacional, si bien hay diferentes trabajos que exploran distintas medidas para mejorar la calidad de las viviendas en términos térmicos; por lo reciente de la temática, no hay información que detalle los posibles efectos de la certificación obligatoria para el mercado de viviendas nuevas, arriendo o reventa.

1.6. Conclusiones parciales.

La vulnerabilidad energética de nuestro país condujo a impulsar una agenda de respuesta frente a esta urgencia, en la que destacó la creación del Programa País Eficiencia Energética (2005), la creación del Ministerio de Energía (2010), la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2011) y el programa de Calificación energética de viviendas nuevas el año 2009.

Los pilares más relevantes que fundamentan el implementar el programa de Calificación Energética de Viviendas nuevas son: (1) el reconocimiento del ahorro de energía como pilar que sostiene las medidas de eficiencia energética, (2) ir en línea con los acuerdos internacionales firmados sobre la reducción de los gases de efecto invernadero y mitigación del cambio climático, (3) la reducción de la contaminación ambiental y principalmente la calidad del aire en las ciudades. Sin embargo, para que se haga efectiva la aplicación del programa, hay que efectuar estudios en relación a la rentabilidad por sobre la inversión de las mejoras que propone el programa, lo cual se vuelve un eje de análisis en este estudio.

De acuerdo a la experiencia internacional, en relación a la rentabilidad por sobre la inversión, el desconocimiento de las variables hacia la toma de decisiones, frena los proyectos y eleva el riesgo en términos de rentabilidad y períodos de recuperación del capital. Según expertos, la falta de instrumentos de estímulos y la complejidad del estudio del comportamiento cultural del consumidor abren incertidumbre en el análisis de rentabilidad.

La implicancia de las medidas de eficiencia energética en viviendas en cuánto a hacer visibles los beneficios en rentabilidad por ofrecer metas de ahorros de energía y real ahorro económico al futuro comprador, en cuánto a hacer visibles los beneficios en rentabilidad por ofrecer metas de ahorros de energía y real ahorro económico

Los expertos señalan que el Art. 4.1.10, 2006 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C) es poco exigente en términos de transmitancia térmica y no es suficiente para lograr confort habitable en el interior de las viviendas para las diferentes zonas del país distribuidas según división comunal.

En relación al estado de avance de procesos similares, principalmente en Europa; las cifras preliminares señalan que el mercado carece de los conocimientos relevantes para incorporar la EE, dado que no se reconocen por todos los actores los beneficios y en muchos casos, no se sabe evaluar la conveniencia de aplicar prácticas o adquirir productos de eficiencia superior comprobada.

Como en cualquier mercado moderno de productos y servicios relacionados con la EE, existe una falta de regulación propia por lo reciente de su implementación en general, lo cual impide a los clientes poco informados vencer desconfianzas, tomar decisiones correctas y facilitar la elección entre productos con distintas eficiencias.

De forma general, existe resistencia al cambio que se considera natural teniendo en cuenta que se trata de un mercado nuevo que exige cambios relevantes tanto conductuales como tecnológicos, y

sólo el paso del tiempo y la difusión de la información esencial permitirá el desarrollo entendido y sustentable de la EE.

El Informe Final: *Estudio de Mercado de Eficiencia Energética* señaló:

...la existencia de barreras de muy alta relevancia para el mercado actual, como la falta de financiamiento y la falta de capacidades de las entidades que pudieran ofrecerlo. El mercado de la EE exige conocimientos que la banca no tiene y evaluaciones muy particulares, que la banca no está capacitada para realizar, transformándose en la principal limitante para el desarrollo de la EE en los sectores sin capacidad de financiar proyectos con recursos propios. (PPEE, 2010; p. 11)

2. Calificación energética de viviendas nuevas y simulación de la demanda para el caso de estudio en zona térmica 3.

2.1. Elección de estudio de caso.

El estudio de caso se enfocó a partir de la aplicación de las soluciones constructivas para el mejoramiento térmico, contenidas en el Listado de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, las cuales sugiere el programa CEV, que a su vez tiene numerosas aristas de análisis.

Para el diseño de esta tesis se propuso, un acercamiento desde lo general a la zona de análisis, y luego un acercamiento directo al lugar de aplicación para el caso de estudio.

Los puntos de vistas fueron: primero revisar, analizar y definir la zona térmica de intervención según el mayor consumo energético; segundo: desde la perspectiva medioambiental identificar la relevancia de los principales energéticos usados, más bien orientados al menor uso, es decir mayor eficiencia energética y favoreciendo la disminución de la contaminación intra-domiciliaria. El consumo de leña contaminante en el sur de Chile y la devastación de bosques, incluso nativos; también es relevante desde el punto de vista de la sustitución de energéticos en calefacción.

Tercero: desde la perspectiva inmobiliaria, analizar la oferta y la demanda según sistema constructivo y de agrupamiento predominante en el segmento de viviendas nuevas.

Los intereses de cada actor se presentan en la siguiente figura:



Figura 4. Relaciones entre actores.
Fuente: elaboración propia.

Estos tres puntos de vistas permitieron:

- 1) acotar el análisis a una zona geográfica de relevante consumo.
- 2) enfocar el análisis de la efectividad de las medidas en relación a los ahorros por tipos energéticos principales para el caso de estudio.
- 3) identificar la oferta inmobiliaria para la zona del caso, permitió seleccionar el sistema de agrupamiento, materialidad y volumetría principal para el producto inmobiliario a simular.

La información analizada en los puntos anteriores fue necesaria para la tesis ya que estos parámetros fueron fundamentales para introducir en la herramienta de cálculo de la calificación energética.

La caracterización de la oferta, permitió el análisis por bandas de precios de venta de los productos inmobiliarios por comuna; diferenciando y clasificando la oferta por tamaño de terreno y existencia de oferta térmica asociada en términos de materialidad.

Una vez hecho el análisis de la materialidad, sistema de agrupamiento, superficie y volumen del producto, se trabajó con el Listado oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, a fin de analizar las medidas pasivas pertinentes al caso y luego se efectuó la simulación aplicando estas medidas constructivas térmicas de manera progresiva para ascender en la calificación energética con la cual se obtiene una mejor calificación.

El trabajo metodológico del caso de estudio se presenta secuencialmente en la siguiente figura:

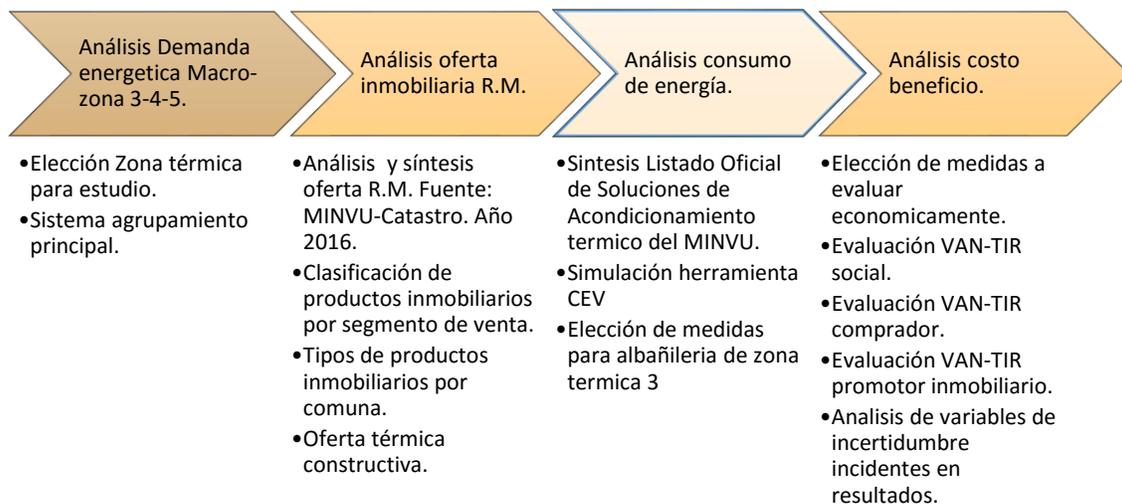


Figura 5. Desarrollo metodológico para efectuar sensibilización de costo beneficio para medidas constructivas de mejoramiento térmico. Fuente: elaboración propia.

2.1.1 Enfoque energético.

La eficiencia energética existe en la medida que un fin determinado (por ejemplo, calefaccionar un recinto) se consigue con el menor consumo de energía posible. La eficiencia no implica renunciar al logro del objetivo del confort en los edificios, sino que persigue conseguirlo con menor uso de energía (Bustamante, 2009).

Las cifras publicadas por el MINVU, que sirvieron de base para la promoción de la calificación energética señalaron que, a nivel de consumo de energía en el sector terciario específicamente residencial, el 56% se destinó a la calefacción (MINVU-DITEC, 2014) por sobre el agua caliente sanitaria con un 17,6%.

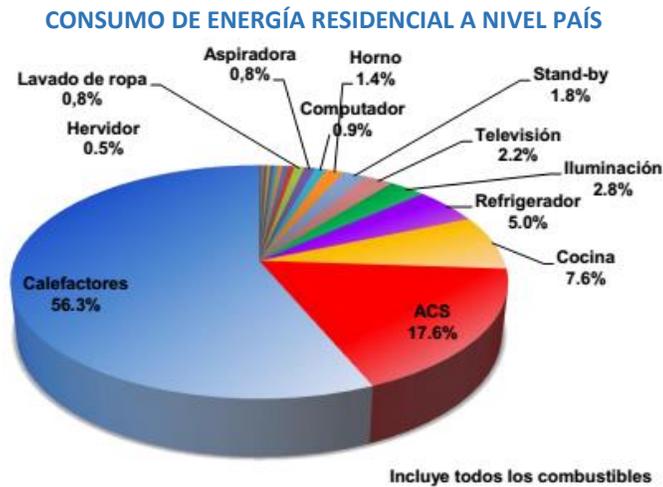


Figura 6. Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. CDT-MINERGI, 2010

A nivel país, actualmente la distribución de los porcentajes de los consumos en las viviendas que se han evaluado para la calificación energética (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo. MINVU, 2015), confirmaron que el consumo de energía primaria promedio en calefacción fue 215,8 (kWh/m²año), en agua caliente sanitaria 50,6 (kWh/m²año), y en iluminación 13,9 (kWh/m²año).

RESUMEN DE INDICADORES PRINCIPALES DE CONSUMO DE ENERGIA (VALOR PROMEDIO)		
CONSUMO DE ENERGIA TERCIARIA EN CALEFACCION (kWh/m ² año)	215,8	77%
CONSUMO DE ENERGIA TERCIARIA EN AGUA CALIENTE (kWh/m ² año)	50,6	18%
CONSUMO DE ENERGIA TERCIARIA EN ILUMINACION (kWh/m ² año)	13,9	5%
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA TERCIARIA (kWh/m ² año)	280,4	100%
C (PORCENTAJE DEL CONSUMO DE REFERENCIA) (%)	86,7	
CONSUMO DE ENERGIA DE REFERENCIA (kWh/m ² año)	345,5	

Tabla 2 Resumen de indicadores principales (Valor promedio)
Fuente: (Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo. MINVU, 2015). Noviembre 2015.

Por lo relevante del consumo de energía que se destina a calefacción equivalente al 77% del total, será beneficioso en el presupuesto familiar el ahorro económico reduciendo el consumo de energéticos. Por la relevancia de este gasto e impacto potencial en el ahorro económico y de la

salud familiar, se acotó el análisis de medidas constructivas térmicas de mejoramiento aplicadas a la reducción de uso de energía en calefacción.

Efectuando un acercamiento a la macro-zona central, la distribución del consumo de energía a nivel residencial en el sector centro del país, definido para las zonas térmicas 3, 4 y 5, es similar al consumo nacional. El 56.7% corresponde a calefacción, el 17,5% a agua caliente sanitaria y el 7,3% a cocina. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010).

Al analizar las dos fuentes de información, se observó un incremento del consumo de energía primaria promedio en calefacción del 20,3% para la zona térmica tres.

De los consumos energéticos de ésta referencia, se abre un frente de interés para los promotores inmobiliarios, en como presentar de manera clara y confiable al futuro comprador, los beneficios económicos de ahorrar energía, y con ello el promotor aumentar su rentabilidad con una mejor calificación energética de su producto impactando, por ejemplo: mayor velocidad de venta.

En el siguiente gráfico se presenta la demanda y consumo total de la vivienda de la zona térmica (3-A), en función de los promedios entregados por la entidad calificadora para febrero de 2015:

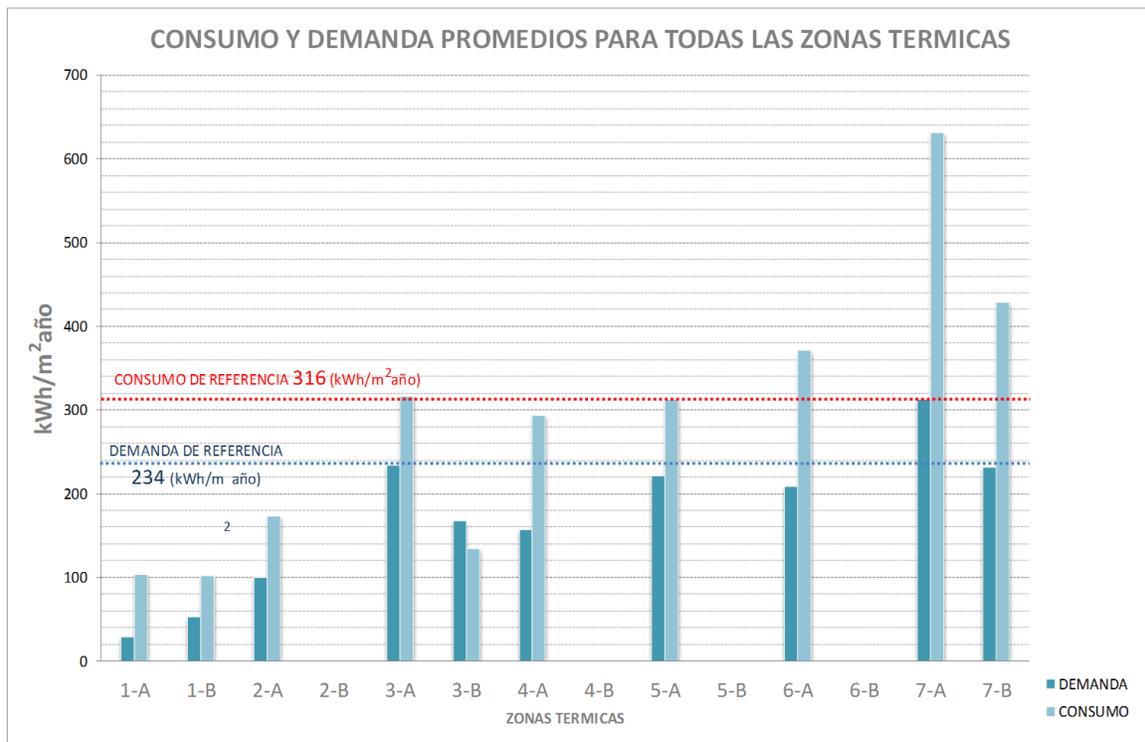


Gráfico 1. Consumo y demanda promedio de energía según zona térmica por kWh/m²año.
 Fuente: (MINVU, Febrero 2015)

2.1.2 Enfoque medioambiental.

Los problemas de la salud pública, son de orden nacional debido a los contaminantes sistemas de calefacción de llama abierta utilizados. De acuerdo al estudio del Centro Nacional de Medio Ambiente de la Universidad de Chile (2011), denominado "Evaluación de impacto atmosférico de sistemas de calefacción domiciliaria", concluyó que las mayores emisiones corresponden a estufas a leña de doble cámara: de acuerdo al análisis, le siguen las estufas a parafina de mecha simple tradicionales y las modernas versiones de estufa a parafina mecha tecnología. Las menos contaminantes son las estufas a gas licuado, mientras que aquellas en base a leña y parafina presentarían comparativamente mayores niveles de emisiones contaminantes e impacto negativo a la calidad del aire. En la investigación se concluyó que las estufas de leña y todas las de parafina, son similares en cuanto a contaminantes por los gases que emiten, y generan un impacto negativo en la calidad del aire intra-domiciliario, provocando daños a la salud.

Por lo anterior se acotó el análisis a jerarquizar los tipos de energéticos predominantes para la zona centro sur, caracterizado por el alto uso de gas licuado en zona térmica 3, preferentemente en Santiago, con el 48,4%, seguido de 31,3% en zona 4 y luego 19,9% en zona 5. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010). Esto es consecuente con la densidad habitacional por la mayor población.

En relación al gas licuado con medidor, se puede apreciar la baja incidencia del uso del gas natural, exceptuando la mitad de la población de Punta Arenas. En zona térmica tres su uso es 1,5%.

En el caso de calefactores a parafina, el mayor porcentaje de uso se encuentra en la zona 3, constituida por Santiago, llegando a un 33,5% (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010).

En general se puede apreciar, que la utilización de estufas eléctricas es baja, y se da principalmente en las zonas centrales del país, teniendo una mayor presencia en las zonas 2, 3 y 4. Sin embargo, su uso es menor que los casos de calefactores a gas licuado y kerosene. Las cifras son: 15,3% para la zona 3, 12,1% para zona 4 y 3,5% para zona 5. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010)

2.1.3 Enfoque inmobiliario.

Con la finalidad de elegir la zona de estudio en la cual hacer el laboratorio para la aplicación de los mejoramientos térmicos vía soluciones constructivas, fue necesario el confirmar el parque de viviendas existentes asociadas a las zonas térmicas, este criterio cuantitativo confirmó la elección de la zona, el impacto y análisis de replicabilidad económica de cada mejoramiento constructivo térmico.

Al analizar cifras de año 2015, en términos de permisos de edificación para la Región Metropolitana, se identificó una variación anual negativa, sin embargo, se confirmó la importancia en términos de superficies construidos en relación al resto del país. Ver Tabla 3.

**PERMISOS DE EDIFICACIÓN APROBADOS SEGÚN REGIÓN
ACUMULADO AL TERCER TRIMESTRE DE 2015**

Región	Miles de m ²	Variación Anual	Promedio desde 1992 (*)
I	364	24,5%	224
II	417	-49,7%	383
III	91	-54,9%	184
IV	469	-18,8%	378
V	1.459	8,8%	966
VI	458	-24,0%	480
VII	656	-1,3%	504
VIII	1.224	-11,6%	1.036
IX	542	11,1%	446
X	486	-3,8%	493
XI	53	-36,1%	52
XII	68	-12,9%	65
RM	5.290	-16,8%	4.445
XIV	235	-16,8%	188
XV	138	62,2%	70
País	11.949	-13,2%	9.735

Tabla 3. Permisos de edificación RM.

Fuente: Informe Mach 43, 2015; en base a información del INE.

El análisis efectuado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2010) confirmó que la zona térmica tres fue la que concentró el mayor parque construido, validado por las cifras de permisos de edificación expuestos anteriormente.

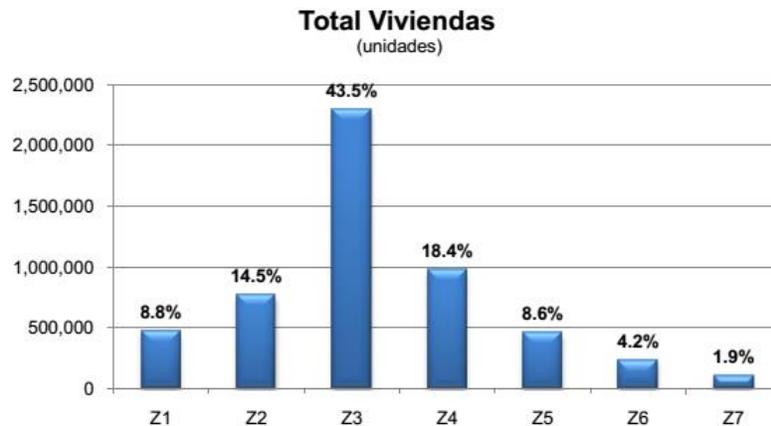


Gráfico 2. Parque construido de viviendas asociado por zona térmica año 2010.

Fuente: (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010)

Un análisis general de los materiales que componen la vivienda, el 48.8% son de ladrillo, el 26.5% son de madera o tabiques el 19.3% de bloques de hormigón y de hormigón armado, el 4.8 % son de adobe y el 0,6% son de hormigón celular (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2010).

Materialidad de Viviendas (en base a unidades)

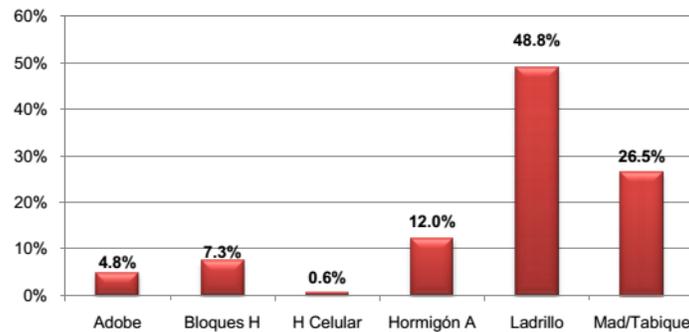


Gráfico 3. Materialidad de viviendas.

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial.

Del gráfico anterior, de distribución de los materiales; el ladrillo destaca por sobre la tabiquería y la madera en un 22,3%. Las cifras recientes de la entidad de calificación energética dependiente del MINVU, categorizó los sistemas constructivos y sus materiales, y clasificando la vivienda según dos sectores: viviendas privadas y sociales, estas últimas sujetas de subsidios.

PRINCIPALES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES EN VIVIENDAS BAJO CALIFICACION ENERGETICA

Estructura principal de vivienda social		Estructura principal de vivienda privada	
Hormigón armado	23,5%	Hormigón armado	54,75%
Albañilería armada con ladrillo hecho a maquina	23,9%	Albañilería armada con ladrillo hecho a maquina	16,70%
Albañilería confinada hecha con bloques de cemento	6,04%	Acero galvanizado	5,45%

Tabla 4. Estructura predominante de las viviendas calificadas a fecha 15.10.15.

Fuente: (Minvu, Octubre, 2015)

Examinados los antecedentes en relación al estudio de caso de esta tesis, se escogió profundizar el estudio en las viviendas cuya estructura principal es de albañilería armada hecha con ladrillo a máquina. Considerando la relevancia permanente de la vivienda social (o de interés público), los importantes beneficios que trae un programa como la CEV para subir los estándares de calidad térmica para grupos socioeconómicos medios, se eligió la vivienda social como sujeto de estudio.

2.2 Selección de la zona de estudio.

De acuerdo a los enfoques anteriores tales como: la relevancia de los consumos energéticos, los permisos de edificación otorgados a la zona térmica que agrupa el mayor potencial de personas beneficiadas con el programa de CEV, los sistemas constructivos y los materiales predominantes; se analizó la oferta inmobiliaria existente en la Región Metropolitana. Se seleccionaron los sectores medios que están sujetos de recibir beneficios de subsidio con la finalidad de revisar, catalogar y clasificar por comuna, el sistema de agrupamiento principal; además, de caracterizar la oferta en términos de precios de venta y superficie del producto y del terreno para la vivienda social. Este análisis y caracterización previa fue relevante por dos razones, primero: el ingreso de información para efectuar la simulación CEV, y, segundo: luego de efectuar la simulación y cuantificar los ahorros de energía, continuar con la medición de costos y beneficios de los mejoramientos constructivos térmicos pertinentes para el caso seleccionado, desde el punto de vista del inversionista y futuro comprador-usuario final.

2.2.1 Análisis oferta y demanda.

En el informe de la CDT (Corporación de Desarrollo Tecnológico) del año 2010 respecto de la conservación de la energía en el sector residencial, se informó la oferta y la demanda asociada a los sistemas de agrupamiento y superficies construidas. La tipología pareada de superficie 36m² a 70m² predominó en el tramo. En el siguiente gráfico se aprecian estas diferencias.

SISTEMA DE AGRUPAMIENTO POR TRAMO DE SUPERFICIE DE VENTA

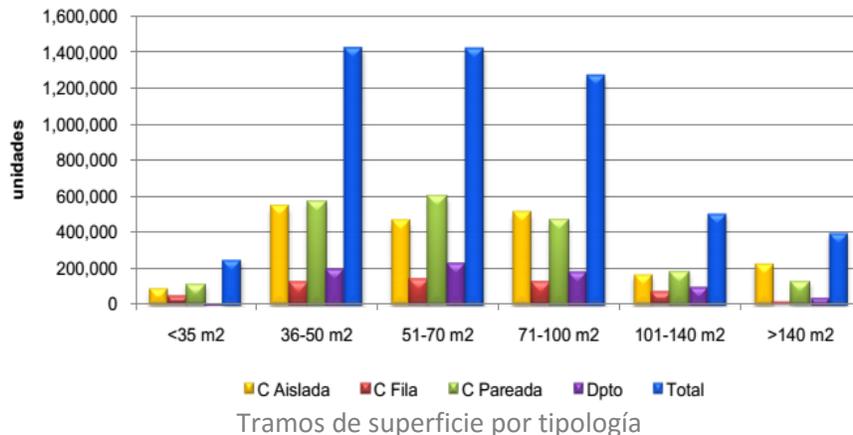


Gráfico 4. Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial.

Respecto a la demanda, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) divulgó este año su informe del 2015, concluyó agrupando por orden de importancia la demanda tramo de superficie: las viviendas de hasta 70m² concentraron el 46%, luego entre 70m² a 90m² con el 16% y finalmente 16% para tramo que va desde 90m² a 120m².

En relación a la oferta de viviendas, agrupadas por tramo de precio de venta en UF, el tramo desde 1500-2000 UF fueron las que más aumentaron su participación en el último año, correspondiente al 22%, seguido del tramo 1000-1500 UF fue el 20% y en tercer lugar tramo 2000-3000 UF con 17,8%. (CChC; 2016)

En términos de localización de la oferta, en la RM, el reciente informe trimestral de la CChC, señaló que las agrupaciones de San Bernardo y Padre Hurtado obtuvieron 7 y 4 puntos de participación respectivamente en el último año en la oferta de casas. El mismo informe planteó que la oferta de viviendas se localizó preferentemente en las comunas fuera del anillo A. Vespucio: Buin, Lampa, Colina (CChC, 2016).

Con la finalidad de efectuar una revisión completa de la oferta existente para el año 2016 en las comunas del Gran Santiago (fuera del anillo A. Vespucio) señaladas anteriormente se efectuó: la revisión, análisis y consolidación del catastro de oferta de viviendas; desmenuzando la Nómina de Proyectos Aprobados y Contactos en las Salas de Ventas que ofrece el MINVU para el presente año 2016. Este portal agrupó a 270 proyectos, de parte de 11 entidades desarrolladoras de la vivienda, con un total de 46.212 unidades habitacionales. En éste informe fue geo localizada la oferta y permitió filtrar por comuna: tipología, tamaño y materiales.

Esta nómina añade también el número de viviendas disponibles por proyecto para sectores vulnerables y sectores medios sujetos de subsidios (DS 01, DS 116), cuya banda de precio final de viviendas nuevas va desde 995 UF hasta 2.000 UF.

Al efectuar una clasificación de proyectos por comuna para este año 2016, la localización de viviendas de estos proyectos es preferentemente fuera de Santiago. La suma de proyectos en comunas como Lampa, Padre Hurtado, San Bernardo y Buin contabilizó 10 de un total de 20 a nivel de RM, lo que se resumió en la siguiente tabla:

LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS PARA SECTORES EMERGENTES Y MEDIOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA PARA EL AÑO 2016.

COMUNA	TOTAL
Buin	2
Colina	1
Lampa	3
Melipilla	2
Padre Hurtado	3
Puente Alto	2
Peñaflor	2
Quilicura	1
Renca	0
San Bernardo	2
Talagante	0
Paine	1
Maipu	1
TOTAL DE PROYECTOS	20
	100%

Tabla 5. Fuente: Catastro de localización de proyectos por comuna en base a Nómina de Proyectos Aprobados y Contactos en las Salas de Ventas para 2016 del MINVU. Síntesis elaboración propia.

Al observar la oferta en general sin hacer diferencia entre los productos inmobiliarios, banda de precios de venta (UF) va desde 1150 UF el menor a 2195 UF el mayor.

En el análisis detallado por tramos de precios de venta, del segmento entre 1400-1600 UF fue el que agrupó más proyectos. (Tabla n°6)

NUMERO DE PROYECTOS AGRUPADOS POR TRAMOS DE VENTA

TRAMOS DE VENTA (UF)							TOTAL
900 Y 1000	1000 Y 1200	1200 Y 1400	1400 Y 1600	1600 Y 1800	1800 Y 2000	2000 Y 2200	
0	1	2	8	5	0	4	20

Tabla 6. Número de proyectos por tramos de venta de viviendas en RM, en base a Nómina de Proyectos Aprobados y Contactos en las Salas de Ventas para 2016. Fuente: MINVU. Elaboración propia.

En relación a la descripción de la oferta de viviendas, existe un mayor número de proyectos asociado a la venta de casas de tipología 3D+2B¹¹, seguido 3D+1B, y luego en tercer lugar la 2D+1B.

CANTIDAD DE PROYECTOS POR TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS

PRODUCTOS SEGÚN PROGRAMA DE LA VIVIENDA				
2D+1B	3D+1B	3D+2B	3D+3B	TOTAL
	3	9	8	0
				20

Tabla 7. Caracterización de la tipología de programas de las viviendas en relación a n° dormitorios y n° de baños. Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.

Al agrupar las distintas tipologías por comuna un total de 6 proyectos se localizaron en dos comunas: Padre Hurtado y Lampa. Al sumar los proyectos de tipologías 3D+1B y 3D+2B se alcanzó el 85% del total de proyectos.

VENTAS POR TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS EN EL GRAN SANTIAGO

COMUNA	TOTAL	2D+1B	3D+1B	3D+2B	3D+3B
Buín	2	0	1	1	0
Colina	1	0	1	0	0
Lampa	3	1	2	0	0
Melipilla	2	0	0	2	0
Padre Hurtado	3	0	1	2	0
Puente Alto	2	1	1	0	0
Peñaflor	2	1	0	1	0
Quilicura	1	0	1	0	0
Renca	0	0	0	0	0
San Bernardo	2	0	1	1	0
Talagante	0	0	0	0	0
Paine	1	0	1	0	0
Maipu	1	0	0	1	0
TOTAL DE PROYECTOS	20	3	9	8	0
	100%	15%	45%	40%	0%

Tabla 8. Número de proyectos desagregado por n° de dormitorios y n° de baños por comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.

Efectuada la clasificación de la oferta inmobiliaria de las distintas tipologías, aquella de 3 dormitorios fue dominante y se localizó preferentemente en la comuna de Lampa. La localización del producto fue relevante para luego efectuar la simulación con la herramienta CEV, y la elección

¹¹ Formato comprensivo que indica: 3D+3B: 3 Dormitorios más 3 baños. 3D+2B: 3 Dormitorios más 2 baños. 3D+1B: 3 Dormitorios más 1 baño.

de la tipología sirvió para acotar el análisis, además permitió analizar los precios de oferta por segmento de producto.

De acuerdo a la tabla n° 9 las comunas de Padre Hurtado y Lampa fueron las que tienen más proyectos para este segmento de la demanda, se observó una diferencia de precio de venta de 397,5 UF de diferencia para la misma tipología.

PRECIO PROMEDIO DE VENTAS (UF) POR COMUNA SEGÚN TIPOLOGIA DE VIVIENDAS

COMUNA	TOTAL	PROMEDIO DE VENTAS (UF)			
		2D+1B	3D+1B	3D+2B	3D+3B
Buín		0	1635	2195	0
Colina		0	1520	0	0
Lampa		1545	1547,5	0	0
Melipilla		0	0	1596	0
Padre Hurtado		0	1150	1773	0
Puente Alto		2142	1450	0	0
Peñaflor		1675	0	1360	0
Quilicura		0	1530	0	0
Renca		0	0	0	0
San Bernardo		0	1513	1730	0
Talagante		0	0	0	0
Paine		0	1200	0	0
Maipo		0	0	2140	0

Tabla 9. Precio promedio de ventas (UF) por comuna según tipología de viviendas.

Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.

Por lo tanto, fue la tipología tres dormitorios y un baño con un precio promedio de 1547,5 UF localizada en la comuna de Lampa la que se tomó como caso base para el modelo de estudio para efectuar las progresivas mejoras constructivas térmicas en las simulaciones posteriores.

El siguiente paso fue definir el sistema constructivo principal asociado a la tipología 3D+1B, lo cual definió la elección de los mejoramientos constructivos térmicos para la simulación energética.

2.2.2 Sistema constructivo y materiales principales de la tipología 3 dormitorios 1 baño.

Se analizó la materialidad principal de los proyectos identificados, de la tipología 3D+1B seleccionada anteriormente, que correspondió al 45% de la oferta, 7 de 9 proyectos son de albañilería con ladrillo hecho a máquina a la vista en dos pisos, con losa de hormigón.

Se analizó materialidad, 1 de 20 proyectos que fue construido en hormigón. De los restantes proyectos el 45% son en albañilería a la vista en dos pisos más losa de hormigón.

CANTIDAD DE PROYECTOS POR SISTEMA CONSTRUCTIVO SEGÚN TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

MATERIALIDAD PREDOMINANTE POR PRODUCTO	N° DE PROYECTOS	%	2D+1B	3D+1B	3D+2B	3D+3B	TOTAL
Albañilería a la vista 1° piso+losa H°+ sidding 2° piso	7	35%	0	1	6	0	7
Albañilería a la vista 2 pisos+Losa H°	9	45%	1	7	1	0	9
Albañilería a la vista dos pisos estucada+Losa H°	2	10%	1	0	1	0	2
Albañilería a la vista 1° piso	1	5%	0	1	0	0	1
H° 1° piso mas aislacion+2° piso panel sip+mas sidding	1	5%	1	0	0	0	1

Tabla 10 .cantidad de proyectos por sistema constructivo según tipología de vivienda.

Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.

Para la materialidad de albañilería a la vista 2 pisos+ Losa de hormigón agrupada por tipologías, el precio de venta de las viviendas promedio fue de 1471 UF, el cual llegó a disminuir 76,5 UF respecto de la oferta existente en Lampa de 1547,5 UF.

PRECIO PROMEDIO DE VENTA POR SISTEMA CONSTRUCTIVO SEGÚN TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

MATERIALIDAD	UF		
	2D+1B	3D+1B	3D+2B
Albañilería a la vista 1° piso+losa H°+ sidding 2° piso	0	1150	1716
Albañilería a la vista 2 pisos+losa H°	1545	1471	2140
Albañilería a la vista 2 pisos estucada+losa H°	1675	0	1730
Albañilería a la vista 1° piso	0	1645	0
H° 1° piso mas aislacion+2° piso panel sip+mas sidding	0	1150	0

Tabla 11. Precio promedio de venta por sistema constructivo según tipología de vivienda

Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.

En concordancia con el análisis anterior, se definieron las mejoras progresivas a simular con la herramienta de la CEV para ascender, en la calificación energética para cada caso del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, vigente al año 2016, desde donde se eligieron las soluciones vigentes para el sistema constructivo albañilería a la vista 2 pisos más losa de hormigón.

En cuanto al caso de estudio; la tipología 3D+1B permitió analizar la variación estimada en la rentabilidad para el promotor inmobiliario.

2.2.3 Determinación de la superficie para la vivienda a calificar.

Previo a la determinación de la superficie del producto, la herramienta que propone la CEV, consiste en una planilla de cálculo (excel) en donde el usuario debe incorporar la siguiente información de carácter obligatorio: zona térmica en la cual se emplaza el caso de estudio, sistema de agrupamiento y superficie interior, además la caracterización de las soluciones constructivas en términos de transmitancia térmica (U) de los elementos, existencia de sistemas de calefacción y/o agua caliente sanitaria e inclusión o no de energías renovables.

La superficie interior es uno de los campos obligatorios a considerar en la planilla, y en este caso específico la tipología de análisis correspondió finalmente a una vivienda pareada en dos pisos.

Al efectuar el análisis por tramos de superficie de venta para todas las comunas por cada tipología para viviendas pareadas en dos pisos, el promedio de superficie arrojado fue 51,7m², para la tipología 3D+1B del caso de estudio, no habiendo otros tramos de superficies mayores en la oferta para la zona en esta tipología, (ver tabla n°12).

SUPERFICIE PROMEDIO DE VENTA POR BANDAS DE SUPERFICIE SEGÚN TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA

TIPOLOGIA	TRAMOS DE SUPERFICIES CONSTRUCCION (m ²)			
	50 a 55	55 a 60	60 a 65	65 a 70
2D+1B	51,2	0	0	0
3D+1B	51,7	0	0	0
3D+2B	53,6	56,8	0	68
3D+3B	0	0	0	0

Tabla 12 Superficie promedio de construcción ofertada separada en tramos por tipología.
Fuente: Elaboración propia a partir de catastro MINVU.

Finalmente, se analizó la oferta disponible según promedio de superficie de terreno para la tipología 3D+1B, la que se destacó en la tabla n° 13. Lo anterior fue importante al momento de efectuar el estudio de cabida y determinar el número de unidades en venta por hectárea, y luego efectuar el análisis de rentabilidad de la inversión.

SUPERFICIE DE TERRENO EN VENTA POR BANDAS DE TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA

TIPOLOGIA DE	SUPERFICIES DE TERRENO EN BANDAS DE PRODUCTO			
	50 A 55	55 A 60	60 A 65	65 A 70
2D+1B	100,1	0	0	0
3D+1B	63,5	0	0	0
3D+2B	90	160,1	0	135,7
3D+3B	0	0	0	0

Tabla 13 Superficie de terreno promedio ofertada por bandas de construcción ofertada.
Fuente: Elaboración propia a partir de catastro MINVU.

Para la tipología 3D+1B, en el tramo de superficie edificada la ofertada entre 50m² a 55m² los terrenos que se ofrecen en promedio tienen 63,47m².

Se entrega a continuación una síntesis de parámetros obligatorios asociados a la tipología de producto a contemplar en la simulación:

PARAMETROS BÁSICOS A CONSIDERAR EN EL MODELO SELECCIONADO

ZONA TERMICA	COMUNA	TIPOLOGIA	SISTEMA AGRUPACION	PRECIO VENTA PROMEDIO (uf/m ²)	SUPERFICIE CONSTRUÍDA (m ²)	SUPERFICIE TERRENO (m ²)	MATERIALIDAD
3	Lampa	3D+1B	Pareada 2 pisos	1547	51.7	63.47	Albañilería de ladrillo de arcilla hecho a máquina.

Figura 7. Parámetros básicos a considerar en la simulación. Fuente Elaboración propia a partir de catastro MINVU.

La elección de las medidas de mejoramiento constructivo térmico se desarrolló en detalle en los fundamentos y aplicación manual de procedimiento de la calificación energética de viviendas nuevas. (Resolución Exenta n°8016, publicado en D.O. 13.11.13; parte II, p. 14 en adelante)

2.3 Identificación y Caracterización de la Reglamentación Térmica Zona 3.

En Chile desde el punto de vista térmico se identifican 7 zonas, esta división se estableció en la Reglamentación Térmica presente en el Art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), de acuerdo a21 la cantidad de grados-día anuales de calefacción que requieren las distintas comunas del país.

Estas zonas se distribuyen según el concepto grados días anuales que en el caso de la Zona 3 son 750-1000 G°D año en base a un requerimiento de temperatura base de confort de 16° C y en el caso de verano los G°D anuales para enfriamiento a partir de 23° C; lo anterior es relevante para el diseño porque condicionó la elección de las soluciones constructivas para la aislación térmica y la existencia de sistemas de calefacción y/o aire acondicionado de las viviendas.

Chile principalmente tiene necesidades de calefacción debido al clima templado dominante en el país, caracterizado por la amplitud térmica diaria, ya que para que se necesite refrigeración en una vivienda si la temperatura media diaria debe superar los 28°C. De esta manera solo en algunas regiones y por pocas horas es necesario un diseño de la vivienda con requerimiento de refrigeración en contraposición a la calefacción. Además, en nuestro país las altas temperaturas tienen asociadas bajas humedades, lo que permite que las personas toleren mejor el calor.

Desde el año 2000, el MINVU promovió una serie de modificaciones contenidas en el Art. 4.1.10 de la OGUC acompañadas de la Reglamentación Térmica. Cada etapa se detalla a continuación:

- 1° etapa, se realizan exigencias de acondicionamiento térmico, aplicado en el complejo cielo-techumbre (2000);
- 2° etapa, se realizan exigencias adicionales aplicadas en muros, pisos ventilados y porcentaje de superficie máxima para las ventanas. Dicha etapa entró en vigencia en enero del año 2007;
- 3° etapa, se refiere a una certificación energitérmica sobre el comportamiento global de la vivienda, según transmitancia térmica la cual se encuentra en operación solo de carácter voluntario.

Características térmicas.

A continuación, se presentan los requisitos de resistencia total de la superficie y transmitancia Térmica (U) que deben cumplir los diversos elementos que constituyen la envolvente térmica de la vivienda, dichas exigencias dependen de la zona térmica del país donde se ubiquen las viviendas.

En la siguiente tabla se destaca en rojo las exigencias mínimas con las que se empezó a catalogar las soluciones pertinentes validadas del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico vigentes a 2016 y luego evaluar las que cumplen dichos requerimientos. De éstas últimas se efectuaron las primeras evaluaciones de desempeño térmico aplicado al caso de estudio.

EXIGENCIAS TERMICAS CONTENIDAS EN EL Art. 4.1.10 DE LA O.G.U.C.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m2 K	M2k/W	W/m2 K	M2k/W	W/m2 K	M2k/W
1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,90	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,70	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,60	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,10	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,60	1,67	0,32	3,13

Tabla 14. Exigencias térmicas establecidas en Art. 4.1.10 O.G.U.C. se destaca la que rige en Santiago.

En relación a los porcentajes de vanos en muros cuando estos incluyen vidrio monolítico (ver tabla n°14) y ventanas con doble vidriado hermético (ver tabla n°15), es fundamental verificar que las superficies se enmarquen en los porcentajes establecidos en la O.G.U.C; ya que esta superficie vidriada y carpintería son campos obligatorios a llenar en la herramienta de simulación que entrega la CEV.

PORCENTAJE MAXIMO DE SUPERFICIE CON DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO

DVH DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (c) 3.6Wm2K ≥ U > 2.4 W/M2k (a) U ≤ 2.4 W/M2k		
1	60%	80%
2	60%	80%
3	60%	80%
4	60%	75%
5	51%	70%
6	37%	55%
7	28%	37%

Tabla 15. Porcentaje máximo de superficie para doble vidriado hermético según zona térmica
Fuente: Art. 4.1.10 O.G.U.C.

PORCENTAJE MAXIMO DE SUPERFICIE CON VIDRIO MONOLITICO

VIDRIO MONOLITICO						
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
50%	40%	25%	21%	16%	14%	12%

Tabla 16. Porcentaje máximo de superficie para vidrio monolítico según zona térmica. Fuente: Art. 4.1.10 O.G.U.C.

Se determinó una superficie de ventanas con vidrio monolítico de 15,82 m² que es equivalente al 25% del muro para zona térmica 3.

2.4 Aplicación del Manual de Procedimiento de la calificación energética de viviendas nuevas para el caso base.

2.4.1 Fundamentos y objetivos de la CEV.

La trayectoria de la Calificación Energética de la Vivienda (CEV), actualmente de carácter voluntario y su aplicación en las viviendas nuevas, es el remate parcial de una serie de iniciativas que se vienen trabajando con anterioridad, desde distintas instituciones gubernamentales, académicas y de la construcción. Este programa se enmarcó entre las medidas que propuso él (Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020, 2010) a través del cual se buscó el fomento a la edificación nueva con altos estándares de eficiencia energética. El programa CEV está contenido en la siguiente política y línea de acción. (Ver ilustración n°8)

INSERCIÓN DE LA CEV EN LA ESTRUCTURA JERARQUICA DEL PNAEE.



Figura 8. Estructura jerárquica PNAEE. Fuente (Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020, 2010)

La trayectoria de la calificación energética se grafica de la manera siguiente:

TRAYECTORIA HISTÓRICA DE LAS ACCIONES HACIA MEJORAS CONSTRUCTIVAS TÉRMICAS.

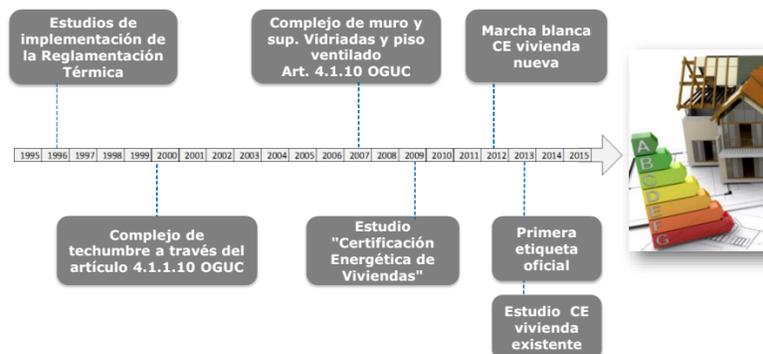


Figura 9. Trayectoria de las distintas acciones hacia las mejoras constructivas térmicas. Fuente: (DECON, UC, 2016)

En términos de objetivos, la última medida tomada por el gobierno, va en línea con el PNAEE¹², y corresponde a la entrada en vigencia de la Calificación Energética de Viviendas Nuevas CEV, impulsada por el MINVU; publicada en el Diario Oficial en noviembre de 2013 se llamó Manual de Procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas, señala lo siguiente:

La finalidad de la certificación y el etiquetado de las viviendas es la promoción de la eficiencia energética, mediante información objetiva, que, proporcionada por parte de los promotores inmobiliarios, podrá informar a los compradores del comportamiento energético de la vivienda a través de un Informe de Evaluación de Eficiencia Energética y la Etiqueta de Eficiencia Energética, que le permitirá comparar y valorar su desempeño. Las viviendas poseerán dos letras de calificación: la primera corresponde a la “calificación de arquitectura”, donde el requerimiento de energía corresponde a la demanda de energía en calefacción e iluminación, que depende de las ganancias solares a través de las ventanas, el nivel de aislamiento térmico de la envolvente y el clima donde se ubica la vivienda; la segunda corresponde a la “calificación de arquitectura+equipos+tipo de energía”, donde el requerimiento de energía corresponde al consumo de energía en calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación, que depende de las variables indicadas para la calificación de arquitectura y adicionalmente del rendimiento energético de los equipos, tipo de energía primaria y aporte de energías renovables no convencionales (ERNC) para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación. (MINVU, 2013; p.1)

En el mismo año, se propuso una etapa de aplicación voluntaria para introducir el concepto de eficiencia energética en el mercado y mantener el esfuerzo que actualmente se desarrolla en capacitación y proyectos piloto.

Será obligatoria una vez se cumplan las etapas que ya están en marcha. Este ha sido un proceso gradual que fue proyectado a partir del año 2013 con la emisión de la primera etiqueta oficial.

La Calificación Energética evalúa el consumo de energía en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria de una vivienda sólo en su etapa de operación.

AMBITO DE APLICACIÓN DE LA CEV EN EL CICLO DE VIDA DE LA ENERGÍA DE LA VIVIENDA.



Figura 10 Ciclo de vida “Consumo energético” de una construcción. Fuente: propia.

¹² Formato comprensivo, PNAEE: Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (2010-2020); 2010.

Entre los actores y responsabilidades, se reconoce:

- 1) MINVU y Ministerio de Energía, como responsables de la creación del Manual de Aplicación de la calificación de viviendas nuevas, su actualización y la promoción y difusión de la CEV.
- 2) Entidad Administradora, que es el MINVU, cuya responsabilidad es administrar la herramienta, emitir la etiquetas, fiscalizar y capacitar periódicamente a los evaluadores energéticos y llevar su registro,
- 3) Evaluador energético; el cual una vez este en el registro de consultores MINVU, es el que verifica los antecedentes de la vivienda a calificar y emite la evaluación.

2.4.2 Escala y certificado de calificación.

La escala de calificación energética de la vivienda se inició en un piso asignado con la letra G, y corresponde a aquellas viviendas que por lo general no tiene ninguna medida de acondicionamiento térmico. Luego ascendió a la letra F, incorporando mejoras contenidas en la O.G.U.C del año 2000, y luego la letra E que corresponde a los parámetros actuales respecto al cumplimiento del Art. 4.1.10 de la O.G.U.C. A continuación, la CEV agrupa las letras D y C considerándolas viviendas eficientes sin costo excesivo de inversión y finalmente las de mayor eficiencia que son las viviendas que se le asigna las letras B y A.

ESCALA DE CALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA SEGÚN RESOLUCION EX.-8016 -D.O. 13.11.13.

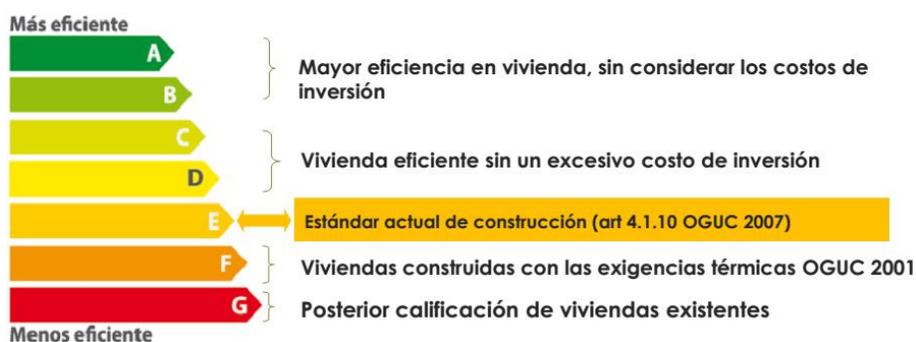


Figura 11. Escala de calificación propuesta por MINVU.
Fuente: (MINVU, 2013)

El sistema entrega dos letras:

- 1) califica la arquitectura de la vivienda y
- 2) la segunda, arquitectura + equipos + tipo de energía.

En concordancia con lo promovido por la CEV, esta tesis consideró como punto de partida de referencia de calificación la letra E para el caso base de estudio y posterior evaluación de mejoramientos constructivos térmicos.

En relación a la certificación, la CEV busca como objetivo demostrar el cumplimiento prescriptivo de la reglamentación térmica y reconoce que se debe incluir variables menos desarrolladas como: ventilación, infiltraciones, puentes térmicos, transmitancia térmica en puertas y regular el sobrecalentamiento. Se plantea llegar a ser prestacional en la información de desempeño a entregar.

Esta opción de carácter prescriptivo evalúa el cumplimiento de manera indirecta de la demanda, y consumo de energía. Para ello, se verifica si el edificio cumple con valores límite de transmitancia térmica U para cada zona térmica.

A diferencia de otros países, el certificado y etiqueta no consideró un indicador de costo del energético para las necesidades de iluminación, calefacción y ACS. No se incluyó directamente las emisiones de CO2. En lo económico, no se propuso un potencial de ahorro al continuar implementando mejoras para la eficiencia energética.

El certificado entregado por la CEV se limita a describir los elementos constructivos y eventualmente los sistemas que son de la vivienda, pero no se dice nada respecto a su incidencia en el comportamiento energético y su impacto en el medio ambiente. Interesante sería que el certificado entregara algunas recomendaciones de bajo y otras de mayor costo, para mejorar los estándares de eficiencia como lo que propone la escala de calificación. (ver fig.2)

ESCALA DE CALIFICACIÓN DE LA VIVIENDA SEGÚN RESOLUCION EX.-8016 -D.O. 13.11.13.

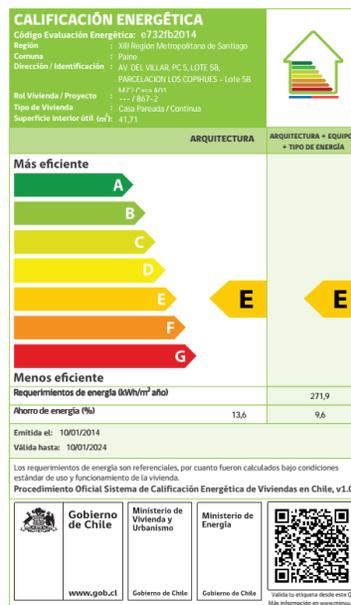


Figura 12. Etiqueta de la calificación energética en Chile. (MINVU-DITEC, 2013)

Un análisis efectuado por la DITEC (Dirección Técnica) cuyo rol es fomentar el mejoramiento de la calidad habitacional y la innovación tecnológica, junto con desarrollar estudios e información de apoyo a la gestión habitacional y urbana del MINVU publicó una presentación en Abril de 2014, el cual plantea importantes beneficios económicos por ahorro de energía, por ejemplo en calefacción, tal como se remarca en la siguiente figura:

AHORRO ECONOMICO A MODO DE EJEMPLO PRESENTADO POR MINVU.

Ahorros estimados en casos piloto calificados												
Tipología vivienda	Sup. (m ²)	Ciudad	Zona térmica	Calificación Energética		Ahorro en consumo de energía (kWh/año)			Ahorro en consumo de energía al año (\$)			
				Arquitectura	Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía	Calefacción	Iluminación	ACS	Calefacción	Iluminación	ACS	TOTAL
Casa aislada 2 pisos	102,4	Puerto Varas	6	B	D	13517	1229	4506	986.726	0	0	986.726
Casa aislada 2 pisos	182,63	Valdivia	5	A	C	68778	1461	584	1.650.683	203.085	42.662	1.896.430
Casa aislada 1 piso	120,17	Coyhaique	7	C	E	2812	793	853	67.487	110.244	62.284	240.016

Consideraciones:

- En todos los casos el energético utilizado para iluminación es la **electricidad** (\$139/kWh) y para ACS es el **gas licuado** (\$73/kWh).
- En la vivienda de Puerto Varas el energético utilizado para calefaccionar es el gas licuado, mientras que en Valdivia y Coyhaique es **leña** (\$24/kWh).



Figura 13. Ahorros económicos presentados por la CEV por la mejora progresiva de calificación.

Si bien es cierto el MINVU ha estimado estos montos de ahorro económico por ahorro de energía son sólo referenciales y como se comprobó en las simulaciones los resultados dependen de una variada combinación de variables, entre las que destacan la localización geográfica de la vivienda que hace variar la demanda y consumo de energéticos de la vivienda.

2.4.3 Aplicación y simulación con la herramienta de calificación energética al caso base.

Para la aplicación de las mejoras constructivas térmicas al caso de estudio, se ocupó la herramienta que se propone en la Resolución Exenta n°8016, que aprueba el Manual de procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV), de fecha 7 de noviembre de año 2013.

La herramienta de cálculo hace posible el ingreso ordenado de toda la información necesaria para la CEV. Además, permite realizar parte de los cálculos necesarios en forma automática y entrega los resultados correspondientes para la confección del informe de evaluación de eficiencia energética y del etiquetado.¹³

¹³ Esta planilla está disponible en la página oficial del Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile o, en su defecto, en el medio que el MINVU determine. (MINVU, 2013).

Se trabajó con cada una de las hojas que contiene la planilla del libro Excel, que a continuación se describen:

- **“Inicio”**, corresponde a la presentación de la herramienta e indica la versión de ésta.
- **“CE_Chile”** corresponde a la herramienta propiamente tal; en ella se debe ingresar la información de la vivienda a calificar.
- **“Datos Informe y Etiqueta”** corresponde a los antecedentes que se indicarán en el Informe y en la Etiqueta de la evaluación energética de la vivienda. Esta es la hoja de resultados de la planilla de cálculo correspondiente a “CE_Chile”.
- **“Resultados Detallados”** corresponde a la hoja donde se presentan los resultados intermedios y finales, que pueden ser muy útiles para el análisis de los resultados.
- **“Notas 1”, “Notas 2”, “Notas 3”** no son parte de la calificación oficial y no serán tomadas en cuenta por la entidad administradora. Sin embargo, se han incluido para que los evaluadores energéticos la utilicen en forma libre.
- **“Cálculo de FA”** es una herramienta que permite realizar los cálculos de los factores de sombra, de acuerdo con el procedimiento indicado en el presente Manual. Se recomienda disponer siempre como referencia el presente documento para el llenado de la planilla. Existen dos formas de ingresar los datos a la planilla:

Manualmente: En las celdas con recuadro negro y color de fondo blanco se debe ingresar la información básica.

Selección Múltiple: También están disponibles cuadros de selección múltiple para el ingreso de información.

En relación a la evaluación energética del caso de estudio base se evaluó en el siguiente orden las siguientes condicionantes:

- a) Características de la vivienda.

En esta tesis para las características de la vivienda modelo se plantearon dos condicionantes de partida. La fila 2 (ver tabla n°16), es una variable fija porque es en la zona térmica que se dedujo del análisis, y la fila 6, define la elección uno de los tres sistemas de agrupamiento a aplicar para las simulaciones.

En la tabla siguiente se destacan los dos aspectos incidentes que constituyeron las variables fijas del modelo completo de estudio:

CAMPOS DESCRIPTIVOS DE LA VIVIENDA A EVALUAR.

N° fila	Descripción.
1	Indicar el tipo de calificación, es decir, si se trata de una pre calificación energética o una calificación energética.
2	Ubicación del proyecto. Zona térmica en que se encuentra emplazada la vivienda, de acuerdo al artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
3	Identificación de la vivienda a calificar. Se utiliza para ingresar alguna denominación no oficial que identifique la vivienda.
4	Nombre del Proyecto.
5	Dirección de la vivienda. Ej.: Los Molinos N° 260, Mz A, lote 1 ó Los Molinos N° 260, edif. 2, depto. tipo B, p6, O.
6	Tipo de vivienda. Opciones: Casa aislada, casa pareada / continua o departamento.
7	Rol de la vivienda.
8	Nombre del evaluador energético. Indicar nombres y apellidos.
9	Número de resolución y año que nombra al Evaluador Energético.
10	Fecha de emisión de la evaluación. Este lo entrega la entidad administradora.
11	Fecha de vencimiento de la evaluación. Este lo entrega la entidad administradora.
12	Código Evaluación Energética. Este lo entrega la entidad administradora.
13	Nombre y rut del mandante que solicita la calificación energética.

Figura 14. Campos a llenar en relación a la individualización de la vivienda.

En la siguiente figura n°18 se muestran los campos completados:

DATOS GENERALES E IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DEL CASO DE ESTUDIO.

1.1.- Datos generales e identificación del proyecto	
1	Tipo de Calificación: Pre Calificación Energética
2	Ubicación del proyecto: Zona 3 - A
	Comuna: Lampa
	Región: RM
3	Identificación de la vivienda a evaluar: Vivienda pareada lote 23
4	Nombre del proyecto: Portales de Lampa
5	Dirección de la vivienda: Camino Lampa S/n
6	Tipo de vivienda: Casa pareada / contini
7	Rol vivienda:
8	Evaluador energético: Miguel Flandez C
9	Rol registro de Evaluadores:
	RUT Evaluador:
10	Fecha de emisión:
11	Fecha de vencimiento:
12	Informe de Evaluación N°:
13	Solicitado por:
	RUT Mandante:

Figura 15. Datos generales de la vivienda, y elección de zona térmica y tipo de vivienda.

b) Descripción general de los elementos de la envolvente.

Se ingresó la información relativa a la composición de los elementos de la envolvente (muros, pisos, techumbre y ventanas), soportantes y no soportantes, que limitan los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos, que son esenciales para efectuar las sucesivas simulaciones, sin considerar el muro medianero.

En muros, techumbre y piso ventilado se indicó materialidad y espesor (o dimensiones) de: estructura, revestimiento exterior, revestimiento interior y aislación térmica. En el caso de ventanas, se indicó materiales de hoja y su espesor, además del tipo de marco.

En la siguiente tabla se resumen los campos a completar con la descripción de los elementos que constituyen las soluciones constructivas que se aplicaron para la zona térmica 3, y los sistemas de agrupamiento.

N° fila	Descripción.
14	Muro Principal. Corresponde al complejo de muro que está presente en mayor superficie de la vivienda.
15	Muro Secundario. Corresponde al complejo de muro cuya superficie representa la segunda importancia en relación a la totalidad de los muros exteriores de la vivienda.
16	Piso ventilado principal. Corresponde a losas o entramados de piso que no están en contacto directo con el terreno.
17	Techo Principal. Corresponde a la techumbre que está presente en mayor superficie de la vivienda.
18	Techo Secundario. Corresponde a la techumbre cuya superficie representa la segunda importancia en relación a la totalidad de la techumbre de la vivienda. Si existen más de 2 tipos de techumbre, en esta parte se debe agregar un resumen de ellos.
19	Ventana Principal. Corresponde al tipo de ventana que está presente en mayor superficie de la vivienda.
20	Ventana Secundaria. Corresponde al tipo de ventana cuya superficie representa la segunda importancia en relación a la totalidad de la superficie de ventana de la vivienda.

Tabla 17. Campos a llenar conforme a detalle de medidas de mejoramiento constructivo.

Se efectuó la descripción de los elementos de la envolvente para el caso de estudio como se muestra en la siguiente figura:

DESCRIPCION GENERAL DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA DEL CASO DE ESTUDIO.

14	Muro principal	El muro esta construido con ladrillos cerámicos hechos a máquina de nombre comercial "Santiago Te 7" de dimensiones nominales 320 mm x 154 mm x 71 mm, Código 1.2.MB8.1 del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico en Chile.
15	Muro secundario	Toda la envolvente esta ejecutada en ladrillos cerámicos descritos en el muro principal
16	Piso ventilado princ.	Estructura soportante en base a losa prefabricada TRALIX de 16 cm de espesor. Código 1.3.MA2.1 del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico en Chile.
17	Techo principal	Poliestireno expandido 15kg/m ³ 75mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm Código 1.1.MA1.3 del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico en Chile.
18	Techo secundario	
19	Ventana principal	La ventana está constituida de marco de aluminio, y vidrio simple e= 4mm
20	Ventana secundaria	

Figura 16. Casillas a llenar con la descripción de las soluciones constructivas térmicas a aplicar a los casos.

c) Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.

Para ingresar la información relativa a los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.

DESCRIPCION RELATIVOS A SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y/O AGUA CALIENTE SANITARIA DE LA VIVIENDA.

N° fila	Descripción.
21	Sistema de Calefacción. Se deben ingresar las principales características con que cuenta el sistema de calefacción y que condicionan principalmente su eficiencia térmica y capacidad.
22	Sistema de agua caliente sanitaria. Se deben ingresar las principales características con que cuenta el sistema de agua caliente sanitaria y que condicionan principalmente su eficiencia térmica.

Tabla 18. Descripción sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.

Una vez revisado y analizado el último informe publicado por la CEV (2015), se constata la baja presencia de sistemas de calefacción y ACS en viviendas sociales, alcanzando el 92,14%, de un total de 16.040 viviendas. Por lo tanto, se decidió efectuar la evaluación térmica de la vivienda del caso de estudio sin el contemplar sistemas,

DESCRIPCION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCION Y AGUA CALIENTE SANITARIA DE LA VIVIENDA DEL CASO DE ESTUDIO.

21	Sistema de calefacción	No posee sistema de calefacción.
22	Sistema de agua caliente	No posee sistema de agua caliente sanitaria.

Figura 17. Campos a llenar conforme a detalle de sistemas a ocupar.

En esta tesis se trabajó sin sistemas, ya que introducir mecanismos activos de calefacción y refrigeración implicaría otra línea de investigación que está fuera de los objetivos propuestos y también por la ausencia de estos en la oferta de productos inmobiliarios para el segmento de estudio.

Por lo anterior, y de acuerdo al Manual de procedimiento de la calificación energética de viviendas en Chile, cuando las viviendas no cuentan con estos sistemas, se procede a aplicar la opción por defecto disponible en la herramienta de calificación energética que es gas licuado sin sistema de calefacción.

d) Dimensiones de la vivienda.

Se ingresó el área de la vivienda por cada piso y su altura. Se consideró sólo los espacios cerrados que conforman la totalidad de los espacios habitables de la construcción.

DESCRIPCION RELATIVOS A SUPERFICIES DE LA VIVIENDA.

N° fila	Descripción.
23	Superficie interior útil y altura del piso 1.
24	Superficie interior útil y altura del piso 2.
25	Superficie interior útil y altura de los pisos 3 y superiores.
26	Techo Principal. Corresponde a la techumbre que está presente en mayor superficie de la vivienda.

Tabla 19. Dimensiones de la vivienda.

Se tuvo en cuenta que la superficie construida promedio para una vivienda pareada de dos pisos es 51,7 m², sin embargo, la herramienta solicita el volumen habitable; por lo tanto, las dimensiones interiores fueron diferentes.

Los campos completados corresponden a la vivienda pareada en dos pisos, considerando la altura habitable de 2,3 m, como se ilustra en la siguiente figura:

DIMENSIONES DE LA VIVIENDA DEL CASO DE ESTUDIO.

		Area (m ²)	Altura (m)	=	Volumen (m ³)
23	Piso 1	23,53	2,30	=	54,1
24	Piso 2	23,5	2,3	=	54,1
25	Piso 3+4+..		x	=	
26	Total	47,0535			108,2

Figura 18. Dimensiones de la vivienda a evaluar.

e) Características térmicas de las viviendas.

En relación a la transmitancia térmica U de los elementos constructivos en (W/m²K), se trabajó con las medidas extraídas del Listado de soluciones de acondicionamiento térmico de Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En la siguiente figura al interior de cuadro rojo se señala la transmitancia máxima por elemento contemplada en el Art. 4.1.10 de la O.G.U.C. y al interior del cuadro azul se indica el valor de la transmitancia de los elementos de la envolvente. Estos se hicieron más exigente a medida que se fueron implementando los progresivos mejoramientos térmicos.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA VIVIENDA DEL CASO BASE DE ESTUDIO.

3.1.- Área y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo				
	Area (m²)	U (W/Km²)	Umax (W/Km²)	
27	Puertas	3,57	2,21	
28	Ventanas 1	15,82	5,80	
29	Ventanas 2			
30	Ventana en el techo			
31	Piso ventilado		0,70	0,70
32	Muro 1	63,30	1,90	1,90
33	Muro 2			1,90
34	Muro 3			1,90
35	Techo 1	23,53	0,47	0,47
36	Techo 2			0,47
	Perímetro (m)		kl (W/Km)	
37	Piso en contacto con terreno 1	13,76	1,40	
38	Piso en contacto con terreno 2			

RVM 0,19

Figura 19. Transmitancia por elemento a ingresar en la herramienta excel. (al interior de cuadro azul).

En relación área y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo (filas 27 a 38), se ingresaron las superficies de cada elemento y la correspondiente transmitancia térmica. Se consideraron todos los elementos perimetrales exteriores que conforman el volumen de la vivienda.

Para el piso en contacto con el terreno se extrajo el valor $Kl=1,4$ kl/W/Km) proporcionada por la Norma NCh 853, que tiene relación a pisos sin adición de aislación.

El análisis de la relación ventana muro es $RVM=0,19$, lo que, en términos de la elección de la metodología a usar en el cálculo de la demanda de calefacción, significa que se puede usar indistintamente los dos métodos que propone el manual de aplicación de la CEV; estos métodos son el método estático o dinámico.

DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA A USAR EN EL CÁLCULO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN EN EL CASO DE ESTUDIO

45	Seleccionar el tipo de cálculo	<input type="text" value="Cálculo Estático de la Demanda"/>
4.1.- Demanda calefacción utilizando el programa CTE		
46	Demanda de calefacción de la vivienda	<input type="text"/> (kWh/ m2 año)
47	Demanda de calefacción de la referencia	<input type="text"/> (kWh/ m2 año)

Figura 20. Selección de método de simulación propuesto. Fuente propia.

En este estudio se trabajó con el método estático. Como se muestra en la fila 45 de la figura n°20.

2.5 Asignación de etiqueta de Certificación para mejoras constructivas térmicas.

2.5.1 Metodología de selección de mejoras constructivas térmicas y tabla de resumen.

Las soluciones fueron extraídas del Listado de Soluciones de Acondicionamiento Térmico vigente al año 2016¹⁴.

Se sintetizaron las pertinentes al sistema constructivo de albañilería armada y se clasificaron por el código oficial y se numeraron.

Luego se clasificaron por zona térmica, se escogieron aquellas pertinentes a la comuna de Lampa.

Una vez elegidas las soluciones de mejoramiento térmico de los elementos de la envolvente se resumieron en un cuadro con sus correspondientes transmitancias térmicas.

Este procedimiento se explica en los siguientes pasos:

- a) Se aislaron las 59 soluciones constructivas térmicas para el sistema constructivo en albañilería, vigentes a la fecha.

RESUMEN DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS TERMICAS A EVALUAR PARA EL CASO.

N°	1.2.M.B	ALBAÑILERIAS
1	1.2.M.B1.1	Ladrillo Titán Reforzado Estructural (290 mm x 140 mm x 71 mm)
2	1.2.M.B1.2	Ladrillo Titán Reforzado Estructural (290 mm x 140 mm x 71 mm), estuco Aislante Térmico DryMix en una cara de 1 cm de espesor.
3	1.2.M.B1.3	Ladrillo Titán Reforzado Estructural (290 mm x 140 mm x 71 mm), estuco Aislante Térmico DryMix en una cara de 2 cm de espesor.
4	1.2.M.B1.4	Ladrillo Titán Reforzado Estructural (290 mm x 140 mm x 71 mm), estuco Aislante Térmico DryMix en una
5	1.2.M.B1.5	Ladrillo Mega Bloque Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 213mm)
6	1.2.M.B1.6	Ladrillo Fiscal Industrializado (290 mm x 140 mm x 50 mm)
7	1.2.M.B2.1	Muro Albañilería (29cm x 14cm x 7,1 cm de espesor) con placa Poligyp adherida
8	1.2.M.B2.2	Muro Albañilería (29cm x 14cm x 7,1 cm de espesor) con placa Poligyp RH adherida.
9	1.2.M.B2.3	Muro de albañilería de ladrillo (29x14x7,1cm de espesor), exterior sistema Andes Termo FFS con aislante térmico poliestireno expandido de 15kg/m3.
10	1.2.M.B2.4	Sistema W631 - Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7.1x14x29cm) con plancha Polyplac RH adherida interior.
11	1.2.M.B2.5	Sistema W631 - Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7.1x14x29cm) con plancha Polyplac ST adherida interior.
12	1.2.M.B2.6	Muro de albañilería de ladrillo cerámico (290x140x71mm) revestido a una cara con Mortero Estuco Térmico Transex de 2cm de espesor.
13	1.2.M.B3.1	Ladrillo Extra Titán Reforzado Hueco (290 x 140 x 94 mm).
14	1.2.M.B3.2	Ladrillo Extra Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 94 mm), estuco Aislante Térmico DryMix en una cara de 1,1 cm de espesor.
15	1.2.M.B3.3	Ladrillo Extra Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 94 mm), estuco Aislante Térmico DryMix en una cara de 1,8 cm de espesor.
16	1.2.M.B3.4	Ladrillo Extra Titán Medianero Estructural (290 x 175 x 94 mm).
17	1.2.M.B4.1	Solución eliminada: edición 8
18	1.2.M.B4.2	Ladrillo Gran Titán Termoacústico Estructural (290 x 154 x 11,3 mm).
19	1.2.M.B4.3	Ladrillo Super Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 142 mm).
20	1.2.M.B4.4	Ladrillo Gran Titán Reforzado Estructural (290 x 140 x 113 mm) – ELIMINADA
21	1.2.M.B4.5	Ladrillo Extra Titán Termoacústico Estructural (290 x 154 x 94 mm).
22	1.2.M.B4.6	Ladrillo Titán Termoacústico Estructural (290 x 154 x 71 mm).
23	1.2.M.B5	EIFS Cielpanel Albañilería (29cm de ancho x 14cm de alto x 7,1 cm de espesor).
24	1.2.M.B6.1	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7"
25	1.2.M.B6.2	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7" con enlucido de yeso en una cara e=1,5 cm
26	1.2.M.B6.3	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm.
27	1.2.M.B6.4	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7" con estuco térmico en una cara e=1 cm
28	1.2.M.B6.5	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm
29	1.2.M.B6.6	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 7" con "Estuco Aislante Térmico" Dry Mix a una cara e=1 cm.
30	1.2.M.B7.1	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con enlucido de yeso en una cara e=1,5 cm

¹⁴ Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20070611111640.aspx

31	1.2.M.B7.2	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara cm
32	1.2.M.B7.3	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco normal ambas caras e=2cm
33	1.2.M.B7.4	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco térmico en una cara e=1 cm
34	1.2.M.B7.5	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm
35	1.2.M.B7.6	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9E"
36	1.2.M.B8.1	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7"
37	1.2.M.B8.2	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm
38	1.2.M.B8.3	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7" con estuco térmico en una cara e=1 cm
39	1.2.M.B8.4	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm
40	1.2.M.B9.1	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9"
41	1.2.M.B9.2	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con enlucido de yeso en una cara e=1,5 cm
42	1.2.M.B9.3	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm
43	1.2.M.B9.4	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con estuco normal en ambas caras e=2cm
44	1.2.M.B9.5	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con estuco térmico en una cara e=1 cm
45	1.2.M.B9.6	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm
46	1.2.M.B9.7	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 11"
47	1.2.M.B9.8	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 11E"
48	1.2.M.B9.9	Ladrillo hecho a máquina Santiago 11E con placa de yeso cartón una cara de e=10 mm
49	1.2.M.B9.10	Ladrillo hecho a máquina Santiago 9E
50	1.2.M.B9.11	Ladrillo hecho a máquina Santiago 7E
51	1.2.M.B10.1	Placa Aislaforte sobre muro de albañilería de 140x290x71
52	1.2.M.B10.2	Placa aislante Aislaforte sobre muro de albañilería de 140x290x71
53	1.2.M.B11.1	Placa Aislaforte sobre muro de albañilería de 140x290x91
54	1.2.M.B11.2	Placa aislante Aislaforte sobre muro de albañilería de 140x290x94.
55	1.2.M.B12.1	Ladrillos cerámicos hechos a máquina, empresa Industrias Tecnocerámica S.A. 29 x 17,5 x 11,3 (cm).
56	1.2.M.B13.1	Ladrillos cerámicos hechos a máquina, empresa Industrias Tecnocerámica S.A. 29 x 17,5 x 7,1 (cm).
57	1.2.M.B13.2	Ladrillos cerámicos hechos a máquina, empresa Industrias Tecnocerámica S.A. 29 x 17,5 x 11,3 (cm).
58	1.2.M.B14.1	Ladrillos cerámicos hechos a máquina "THC 10", empresa Cerámicas Arcitec S.A. 310 x 150 x 100 mm.
59	1.2.M.B14.2	Ladrillos cerámicos hechos a máquina "THC 11", empresa Cerámicas Arcitec S.A. 310 x 150 x 113 mm.

Tabla 20. Selección de medidas constructivas para albañilería. Fuente: Listado de soluciones de acondicionamiento térmico en Chile. (MINVU, 2016)

b) Se analizó cada una de las soluciones por cumplimiento de Transmitancia térmica para la zona térmica 3, como lo indica el ejemplo siguiente:

CUMPLIMIENTO DE TRANSMITANCIA TERMICA DE SOLUCIONES DE ACONDICIONAMIENTO PARA EL CASO DE ESTUDIO.

CODIGO LISTADO		SOLUCION CONSTRUCTIVA TERMICA					APLICABILIDAD POR ZONA TERMICA			
1.2.M.B	ALBAÑILERIA	POLIESTIRENO	YESO		ESTUCO	ENLUSIDO	APLICACIÓN	ZONA	MUROS	
1.2.M.B1.1			CARTON			YESO	EXTERIOR		U	Rt
		e=	e=		e=	e=			W/m ² K	M ² k/W
U	RT							1	4,00	0,25
2,07	0,48							2	3,00	0,33
			CUMPLIMIENTO					3	1,90	0,53
								4	1,70	0,59
			NO CUMPLIMIENTO					5	1,60	0,63
								6	1,10	0,91
								7	0,60	1,67

CODIGO LISTADO		SOLUCION CONSTRUCTIVA TERMICA					APLICABILIDAD POR ZONA TERMICA			
1.2.M.B7.4	ALBAÑILERIA	POLIESTIRENO	YESO		ESTUCO	ENLUSIDO	APLICACIÓN	ZONA	MUROS	
			CARTON		TERMICO	YESO			U	Rt
		e			e= 1 CM	e=			W/m ² K	M ² k/W
U	RT				1 CARA			1	4,00	0,25
1,82	0,550							2	3,00	0,33
1,82	0,550		CUMPLIMIENTO					3	1,90	0,53
1,82	0,550							4	1,70	0,59
1,82	0,550		NO CUMPLIMIENTO					5	1,60	0,63
1,82	0,550							6	1,10	0,91
1,82	0,550							7	0,60	1,67

Figura 21. Tabla soluciones constructivas comparadas.

La elección de soluciones se efectuó revisando una a una las soluciones, por ejemplo: la de código 1.2.M.B1.1, únicamente cumple las exigencias para las zonas térmicas 1 y 2, y no cumple para la zona 3; por lo tanto quedó fuera de la etapa de evaluación. En cambio, la solución de código

1.2.M.B7.4. Si cumple las exigencias de transmitancia térmica, por lo tanto, se consideró para la evaluación.

Lo anterior, se efectuó para todas las soluciones, evaluando su aplicabilidad para la zona térmica del caso.

- c) Una vez seleccionadas las soluciones que cumplen O.G.U.C Art. 4.1.10, se ordenaron de menor a mayor exigencia de Transmitancia para aplicar de manera creciente en el escalonamiento de la calificación energética.

Cada una de las medidas adoptadas por elemento constructivo se denominó con un número único para el análisis de los resultados, las cuales se resumen en la siguiente tabla n°21:

CUMPLIMIENTO DE TRANSMITANCIA TERMICA DE SOLUCIONES DE ACONDICIONAMIENTO A EVALUAR DESEMPEÑO TERMICO PARA EL CASO DE ESTUDIO

MEJORA	PISOS		TECHUMBRE		VENTANAS		MUROS	
	U	DESCRIPCION	U	DESCRIPCION	U	DESCRIPCION	U	DESCRIPCION
CASO BASE	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,90	Ladrillo hecho a maquina "Santiago Te 7"
1	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,82	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco térmico en una cara e=1 cm
2	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,69	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm
3	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,82	Ladrillo hecho a máquina "Santiago 9" con estuco térmico en una cara e=1 cm
4	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,58	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con enlucido de yeso en una cara e=1,5 cm
5	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,32	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7.1x14x29cm) con plancha Polyplac ST adherida interior
6	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,69	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm
7	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,23	Ladrillo hecho a máquina Santiago 11E con placa de yeso cartón una cara de e=10 mm
8	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	1,46	Ladrillo hecho a máquina "Santiago Te 9" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm
9	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	VIDRIO SIMPLE Claro 4mm. Metal sin RPT	0,84	Muro de albañilería de ladrillo de (29x14x7,1cm de espesor), exterior sistema Andes Termo FFS con aislante térmico poliestireno expandido de 15kg/m3
10	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	3,17	DVH 6 Claro- Claro 4mm. 6mm Aire Marco PVC	1,23	Ladrillo hecho a máquina Santiago 11E con placa de yeso cartón una cara de e=10 mm
11	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	3,17	DVH 6 Claro- Claro 4mm. 6mm Aire Marco PVC	1,32	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7.1x14x29cm) con plancha Polyplac ST adherida interior
12	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	5,8	DVH 6 Claro- Claro 4mm. 6mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
13	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	3,17	DVH 6 Claro- Claro 4mm. 6mm Aire Marco PVC	0,84	Muro de albañilería de ladrillo (29x14x7,1cm de espesor), exterior sistema Andes Termo FFS con aislante térmico poliestireno expandido de 15kg/m3
14	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	3,17	DVH 6 Claro- Claro 4mm. 6mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
15	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,47	Poliestireno expandido 10kg/m3 77mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	2,84	DVH 12 Claro-Bajo- Emisivo 4mm. 12mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
16	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,46	Lana de vidrio granulada 12kg/m3 125mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	2,84	DVH 12 Claro-Bajo- Emisivo 4mm. 12mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
17	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,46	Lana de vidrio granulada 12kg/m3 125mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	2,84	DVH 12 Claro-Bajo- Emisivo 4mm. 12mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
18	1,4	PISO CORRIENTE Nch 853	0,24	Poliestireno expandido 20kg/m3 145mm (sobre listoneado de cielo) y yeso carton de 10mm	2,84	DVH 12 Claro-Bajo- Emisivo 4mm. 12mm Aire Marco PVC	0,51	Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.

Tabla 21. Resumen de descripción de elementos de la envolvente enumerados por mejoramiento constructivo térmico.

2.5.2 Cálculo de Demanda total de energía.

El procedimiento general adaptado anticipando la incidencia de la aplicación de las medidas y su impacto en la sucesiva disminución de la demanda de energía final e incidencia en el cumplimiento de alcanzar una mejor calificación energética, se efectuó un set de simulaciones iniciales a fin de evaluar el cumplimiento de este objetivo. Para lo anterior no se afectó las dimensiones de los elementos de la envolvente y como se planteó anteriormente se consideró la ausencia de sistemas en calefacción, agua caliente, y la no incorporación de sistema fotovoltaico ni colectores solares térmicos.

Por otro lado, la metodología de cálculo a utilizar para determinar la demanda de energía en calefacción, propone dos alternativas, de entre las que se debe escoger en la fila 45 (ver tabla n°22, p. 67), estas son:

- Calculo estático de la demanda.
- Calculo dinámico de la demanda.

El procedimiento de calificación permite realizar los cálculos de demanda con cualquiera de las 2 metodologías, existiendo sólo una restricción. La cual corresponde a las viviendas que tienen una gran superficie de ventanas, que no es el caso de esta tesis. Para estas viviendas, sólo se permite el cálculo en base al método dinámico (CCTE). La superficie de ventanas se mide en base al factor RVM, el cual se calcula mediante la siguiente ecuación y se muestra en la línea 29 de la planilla de cálculo de la figura n°19, p. 61:

$$RVM = \frac{A \text{ ventanas}}{A \text{ muros, e}}$$

Dónde:

A ventanas: Área total de las ventanas de la vivienda en m², incluyendo área de vidrio y marco.

A muros, e: Área total de muro bruto exteriores, en m². Se entiende por área de muro bruto la superficie de muros exteriores que incluye muros, ventanas y puertas. Es decir, esto corresponde a la suma de las superficies a completar en las filas 27, 28, 29, 32, 33 y 34 de la planilla (ver figura n°19, p.61).

El manual señala que en caso RVM sea menor que 0.7, se pueden utilizar indistintamente ambas metodologías sin justificación alguna.

Una vez efectuada la simulación del caso base, el resultado de $RVM = 0,19$; por lo tanto, se trabajó con el método estático.

En un primer paso, se determinó la demanda energética de la vivienda. Para este fin, se trabajó con la planilla "CEV_v10_Ultima_Version-3.01" de formato Excel, que permitió obtener la demanda energética de la vivienda que se tomó como caso base. Después, de analizar el caso de

estudio, se incorporaron las progresivas mejoras constructivas térmicas y luego la herramienta determinó la demanda energética por cada medida, luego se tabuló para comparar con el caso base tomando como referencia la tabla del MINVU para asignar la letra de calificación que irá en la etiqueta, lo que se ilustra en la tabla n°22:

CALIFICACION DE ARQUITECTURA (% DE LA DEMANDA EN CALEFACCION)

CALIFICACIÓN	ZONA TÉRMICA 1 Y 2	ZONA TERMICA 3, 4 Y 5	ZONA TÉRMICA 6 Y 7
A	$C < 30$	$C < 40$	$C < 55$
B	$30 \leq C < 40$	$40 \leq C < 50$	$55 \leq C < 65$
C	$40 \leq C < 55$	$50 \leq C < 65$	$65 \leq C < 85$
D	$55 \leq C < 75$	$65 \leq C < 85$	$85 \leq C < 95$
E	$75 \leq C < 110$	$85 \leq C < 110$	$95 \leq C < 110$
F	$110 \leq C < 135$	$110 \leq C < 135$	$110 \leq C < 135$
G	$135 \leq C <$	$135 \leq C <$	$135 \leq C <$

Tabla 22 Porcentajes de consumo para asignar etiquetado por las 7 zonas térmicas. Fuente: (MINVU, 2013)

En cambio, si la misma vivienda está localizada en las zonas térmicas 6 o 7, con un coeficiente C igual a la zona 3; por ejemplo, $C=56\%$, variará su calificación, debido a que la herramienta considera condiciones climáticas de mayor exigencia por lo que cambia la escala.

En la siguiente tabla n°23 se muestra desde la fila 48 a 52 los resultados del cálculo de la demanda de calefacción más iluminación para el caso base de estudio al cual después se le hicieron las progresivas mejoras constructivas térmicas.

RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN + ILUMINACIÓN PARA EL CASO BASE.

48	Demanda de calefacción	172,8 (kWh/ m ² año)
48a	Demanda de Iluminación	4,8 (kWh/ m ² año)
49	Temperatura de base	16,6 (°C)
50	Grados Día a la temperatura base	1150,7 (°C)
51	C (porcentaje de la demanda de referencia)	98,6 (%)
52	Demanda de referencia	175,4 (kWh/ m ² año)

Tabla 23. Definición de metodología de cálculo para demanda de energía final y resultados generales.

La demanda de energía teórica del caso de referencia estimada para calefacción fue de 172,8 kWh/m²año, contrasta con el consumo de referencia de 292,5 kWh/m²año, porque la herramienta de cálculo baja el rendimiento del sistema cuando se elige la opción por defecto, por tanto, se estimó un aumento de 119,7 kWh/m²año, equivalente al 69% de la demanda de referencia.

Los resultados de demanda de energía total de la vivienda una vez aplicados las sucesivas medidas de mejoramiento constructivo térmico se exhiben en la siguiente tabla n°24:

RESULTADOS DE DEMANDA DEL CASO BASE EN RELACIÓN A MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS TERMICOS PROPUESTOS.

MEDIDA	DESCRIPCION ABREVIADA	VIVIENDA	VIVIENDA	UNIDAD
		REFERENCIA	OBJETO	
CASO BASE	SANTIAGO TE 7, sin estuco-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	9725,8	
MEDIDA 1	SANTIAGO 9, estuco térmico 1 cara-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	9535,6	
MEDIDA 2	"Santiago Te 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	9535,6	
MEDIDA 3	"Santiago 9" con estuco térmico en una cara e=1 cm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	9217,8	
MEDIDA 4	"Santiago Te 9" con enlucido de yeso en una cara e=1,5 cm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	9123,3	
MEDIDA 5	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29cm) con plancha Polyplac ST adherida interior-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	8680,4	
MEDIDA 6	"Santiago Te 7" con estuco normal una cara e=2cm y enlucido yeso una cara e=1,5 cm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	8338,7	
MEDIDA 7	Ladrillo hecho a máquina Santiago 11E con placa de yeso cartón una cara de e=10 mm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	8338,7	
MEDIDA 8	"Santiago Te 9" con estuco térmico en ambas caras e=1 cm-VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	7406,9	
MEDIDA 9	Ladrillo, exterior sistema Andes Termo FFS con EPS de 15kg/m3 e=30mm -VS 4mm- EPS 17mm	9846,6	7203,2	(kWh/año)
MEDIDA 10	Santiago 11E con placa de yeso cartón una cara de e=10 mm -DVH 6 - EPS 17mm	9846,6	6572,4	
MEDIDA 11	Ladrillo hecho a máquina con plancha Polyplac ST adherida interior -DVH 6 - EPS 17mm	9846,6	6478,9	
MEDIDA 12	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior -DVH 6 4mm- EPS 17mm	9846,6	5666,6	
MEDIDA 13	Ladrillo, exterior sistema Andes Termo FFS con EPS de 15kg/m3 e=30mm -DVH 6 - EPS 17mm	9846,6	5666,6	
MEDIDA 14	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior-DVH 6 - EPS 17mm	9846,6	4775,5	
MEDIDA 15	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior-DVH 12 - EPS 17mm	9846,6	4700,7	
MEDIDA 16	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior-DVH 12 - LANA DE VIDRIO 125mm	9846,6	4700,7	
MEDIDA 17	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior-DVH 12 - LANA DE VIDRIO 125mm	9846,6	4675,1	
MEDIDA 18	Ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior-DVH 12 - EPS 145mm	9846,6	3914,8	

Tabla 24. Se destaca en rojo el caso base al cual se aplican las mejoras constructivas térmicas. Fuente: Elaboración propia en base a herramienta CEV y Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, 2016.

En el siguiente gráfico n°5 se observa la reducción de la demanda en relación al caso base de referencia:

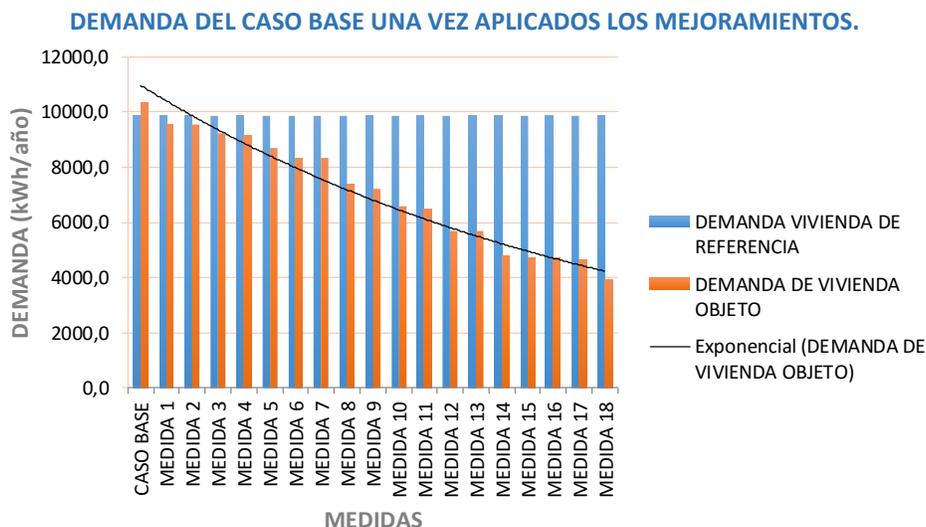


Gráfico 5. Demanda del caso base en relación a demanda una vez aplicados los mejoramientos. Fuente: Idem anterior.

En términos generales, comparando la vivienda objeto del caso base de estudio y una vez efectuada la medida 18 (mejoramiento constructivo térmico) la reducción de la demanda de energía fue de 59,47%.

Con respecto al cálculo de demanda de energía, una investigación reciente, (Escoria O. , García, T, Trebilcock, & Bruscato, 2012) afirmó que, para evaluar las viviendas desde el punto de vista térmico, su comportamiento energético no solo debe estar establecido por estadísticas y simulaciones. No cabe duda que a futuro cada vez será más necesario verificar en terreno el monitoreo del régimen de operación de la vivienda.

Además, la CEV efectúa la calificación considerando dos aspectos: la primera mide la eficiencia en términos de reducción de la demanda de energía en calefacción e iluminación y la otra letra de calificación es medir el aporte de energías renovables, tipo energético y rendimiento de sistemas.

En esta tesis se estimó como fundamental el análisis del consumo por energético, si bien la herramienta es prescriptiva y no propone monitoreo, cumple como antecedente para trabajar un primer análisis técnico, y luego abrir el análisis económico; lo cual se desarrollará en los siguientes capítulos.

Considerando que la demanda en calefacción es 172,8 kWh/m²año para el caso base es notoriamente superior a la demanda en iluminación que es 4,8 kWh/ m²año, se observa lo notorio que pueden ser las medidas de mejoramiento constructivo térmico.

2.5.3 Consumo de energía en calefacción y asignación de letra de calificación de mejoramientos.

Las estimaciones de consumos por cada uno de los mejoramientos constructivos térmicos se catalogaron una vez efectuadas las simulaciones por cada medida. El resumen de resultados se presenta en la siguiente tabla n°25:

CONSUMO TOTAL EN CALEFACCIÓN PARA UNA VEZ APLICADOS LOS MEJORAMIENTOS TERMICOS

MEJORA CONSTRUCTIVA TERMICA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año
CASO BASE	12511	12697
MEJORA 1	12219	12697
MEJORA 2	12219	12697
MEJORA 3	11730	12697
MEJORA 4	11584	12697
MEJORA 5	10903	12697
MEJORA 6	10377	12697
MEJORA 7	10377	12697
MEJORA 8	8944	12697
MEJORA 9	8630	12697
MEJORA 10	7660	12697
MEJORA 11	7516	12697
MEJORA 12	6266	12697
MEJORA 13	6253	12697
MEJORA 14	4895	12697
MEJORA 15	4780	12697
MEJORA 16	4780	12697
MEJORA 17	4741	12697
MEJORA 18	3571	12697

Tabla 25. Resultado de consumo una vez aplicado los mejoramientos térmicos.

Fuente: Elaboración propia en base a herramienta CEV.

Para reducir el consumo al interior de la vivienda, el MINVU promueve una serie de recomendaciones para los elementos de la envolvente para alcanzar una calificación energética determinada. Estos criterios de sugerencia se usaron como referencia para la elección de las medidas a evaluar, como se presenta en la figura n°22 a continuación:

**MEJORAMIENTOS PROPUESTOS POR EL MINVU PARA ALCANZAR DETERMINADA CALIFICACION
ENERGETICA**

CLASE	OBJETIVOS
A	Esta clase corresponde a la mayor eficiencia que se pudiera lograr en una vivienda, sin considerar el costo de la inversión.
B	Vivienda de alta eficiencia energética.
C	Vivienda eficiente sin un excesivo costo de inversión. Generalmente no considera Termopanel.
D	Se obtiene este nivel con pequeñas mejoras a la envolvente.
E	Caso base.
F	Viviendas que incluyen aislación en techumbre.
G	Viviendas que no incluyen ningún tipo de aislación.

Figura 22. Propuesta de medidas de mejoramiento constructivo térmico para ascender en la calificación energética.
Fuente: (Minvu-Ditec, 2013)

Efectuada la simulación del consumo de energía en calefacción del caso base, los resultados se exponen en la figura n°23,

RESULTADOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA DEL CASO BASE.

86	Aporte de energía solar a la calefacción		(%)		(kWh/año)
87	Aporte de energía solar al agua caliente sanitaria		(%)		(kWh/año)
88	Aporte de energía solar a la iluminación		(%)		(kWh/año)
89	Consumo de energía primaria en calefacción	292,5	(kWh/ m ² año)		
90	Consumo de energía primaria en agua caliente sanitaria	45,6	(kWh/ m ² año)		
91	Consumo de energía primaria en iluminación	9,7	(kWh/ m ² año)		
92	Consumo total de energía primaria	347,8	(kWh/ m ² año)		
93	Coficiente energético : C	99	(%)		
94	Consumo de energía de referencia	352,1	(kWh/ m ² año)		

Figura 23. Consumo de energía terciaria de simulación del caso base.

El Coeficiente energético C (fila 93 de la herramienta) corresponde al 99% del consumo de energía de referencia, cuyo cálculo se ilustra en la siguiente formula:

$$C = \frac{\text{Consumo total de energía primaria}}{\text{Consumo de energía de referencia}}$$

Este resultado (%) se referencia a la escala propuesta en la tabla n°25, que para el caso base de estudio se obtuvo una letra E de calificación, el cual se adjunta en la etiqueta.

CALIFICACION ARQUITECTURA+EQUIPOS+TIPO DE ENERGIA (% DE CONSUMO DE ENERGÍA)

	Todas las zonas
A	0 - 30.00
B	30.01 a 45.00
C	45.01 a 60.00
D	60.01 a 80.00
E	80.01 a 110.00
F	110.01 a 135.00

Tabla 26. Calificación arquitectura+equipos+tipo de energía (%de consumo de energía). Fuente; MINVU,2013.

Una vez efectuada la simulación para el caso base, se constató que el consumo de energía en calefacción fue 292,5 kWh/m² año equivalente al 83% del total de consumo de la vivienda base.

Al comparar el resultado de consumo en calefacción (caso base=292,5 kWh/m²año) con el informe que entregó la CEV de fecha 15.10.15, informó que el promedio de la zona térmica 3 correspondió a 221,5 kWh/m²año. En esta tesis el caso base del estudio está por sobre un 24,27% del promedio de la zona.

En relación a la reducción de consumos por aportes de energías renovables, la evaluación presentada en esta tesis no contempla la presencia de sistemas para calefacción ni agua caliente sanitaria, como también no se incorpora el aporte de energías renovables ya que se busca analizar la aplicabilidad de medidas de carácter pasivo y la incorporación de equipos y sistemas por costo de inversión quedan desacoplados a la oferta existente en la comuna de Lampa.

Además, implica una complejidad operativa que no estuvo en los objetivos de esta tesis, investigaciones recientes, (Escoria O. , García, T, Trebilcock, & Bruscato, 2012) señalaron que para acercarse a los consumos reales de estos equipos, en las viviendas pasa por precisarlos por medio de monitorización. Estos deberían ser aplicados a las viviendas sociales construidas, sin embargo, la CEV no contempla este monitoreo.

Efectuadas las evaluaciones con lo incorporación de los progresivos mejoramientos térmicos los resultados son los siguientes:

CONSUMO DE ENERGÍA DE MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS TÉRMICOS Y ASIGNACION DE LETRA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO TERMICO (N°)	CONSUMO VIVIENDA DE REFERENCIA kWh/m ² año	CONSUMO VIVIENDA OBJETO kWh/m ² año	AHORRO EN ARQUITECTURA	AHORRO EN ARQUITECTURA MAS EQUIPOS	CALIFICACIÓN ARQUITECTURA	CALIFICACIÓN ARQUITECTURA MAS EQUIPOS
CASO BASE	352,1	347,8	1,42%	1%	E	E
1	352,1	346,0	3,67%	2%	E	E
2	352,1	346,0	3,67%	2%	E	E
3	352,1	334,6	7,41%	5%	E	E
4	352,1	331,2	8,53%	6%	E	E
5	352,1	315,2	13,75%	10%	E	E
6	352,1	303,0	17,78%	14%	D	E
7	352,1	303,0	17,78%	14%	D	D
8	352,1	269,4	28,77%	23%	D	D
9	352,1	262,1	31,17%	26%	D	D
10	352,1	239,4	38,61%	32%	C	D
11	352,1	236,1	39,71%	33%	C	D
12	352,1	206,9	49,29%	41%	C	C
13	352,1	206,9	49,29%	41%	C	C
14	352,1	174,8	59,79%	50%	B	C
15	352,1	172,1	60,68%	51%	A	C
16	352,1	172,1	60,68%	51%	A	C
17	352,1	171,2	60,98%	51%	A	C
18	352,1	138,8	69,94%	61%	A	B

Tabla 27. Síntesis de resultados de simulación y asignación de calificación a los mejoramientos constructivos térmicos.
Fuente: Elaboración propia en base a simulación con herramienta CEV.

De las medidas evaluadas, destaca un importante ahorro de pasar del caso base de letra de calificación E a letra D, de unos 29,75 puntos porcentuales, y luego estos ahorros se fueron reduciendo en la medida que se fue progresando positivamente en la calificación. A modo de síntesis se señala que al pasar de la letra D a la C se generó un ahorro de 15%, de letra de calificación C a B se generó un ahorro de 9% y finalmente de la letra B a la calificación A se originó un ahorro de 11%. El consumo se redujo en 2,5 veces al pasar del caso base (vivienda objeto) a una mejorada con letra de calificación energética A.

2.6 Conclusiones parciales.

Desde el punto de vista energético, a nivel de consumo de energía en el sector terciario específicamente residencial, el 56% se destinó a la calefacción (MINVU-DITEC, 2014) por sobre el agua caliente sanitaria con un 17,6%. El consumo de energía para calefacción según cifras entregadas por el MINVU (2015) asciende hoy en promedio al 77%, lo que acotó el estudio a analizar mejoramientos constructivos que reduzcan la demanda y el consumo de energía en este ítem.

Desde el punto de vista medioambiental, diferentes estudios confirman a la leña como principales contaminantes entre los energéticos a usar en la calefacción doméstica. Entre los más utilizados en la zona térmica de estudio destacan en orden: gas licuado, parafina, y electricidad. Se deja fuera del análisis a la leña porque está prohibida. Dado que, la vivienda sujeta de análisis no tiene ofertado sistema de calefacción, se consideró los rendimientos que la herramienta de valuación de la CEV entrega por defecto.

Desde el punto de vista inmobiliario, las recientes cifras de la CChC indican que el tramo de superficies de viviendas hasta 70 m² concentro el 46% de la demanda, y las casas del tramo 2500-2000 UF aumentó su participación al 22% seguido del tramo 1000-1500 UF con 20%. Estas se localizan principalmente fuera del anillo A. Vespucio, en la que destacan comunas como Padre Hurtado y Lampa, comuna seleccionada finalmente.

En relación a las tipologías destaca la de tres dormitorios y un baño, y luego le sigue tres dormitorios y dos baños. Estos precios de venta varían para la tipología desde 1200 UF en Paine hasta 1635 UF en Buin.

Del total de proyectos, 19 fueron construidos en albañilería, siete de ellos (45% del total) son en la tipología tres dormitorios un baño, construidos en dos pisos con ladrillo a máquina a la vista, de un precio promedio de venta de 1471 UF para esta materialidad. La superficie promedio seleccionada fue 51,7 m². Para determinar el número de unidades en venta, la tipología que se analizó fue una superficie de terreno en venta de 63.47 m² (tipología 3D+1B).

A partir de la reglamentación térmica, contenida en la OGUC, se analizaron todas las soluciones constructivas para albañilería desde el Listado de Soluciones de Acondicionamiento Térmico vigente, luego catalogar y sintetizar, todas aquellas que cumplieron con la transmitancia térmica exigida en la zona térmica tres y de acuerdo a la caracterización de los elementos de la envolvente a simular en la herramienta CEV.

La CEV es parte de una serie de iniciativas que busca una mirada amplia de la complejidad de lograr metas de eficiencia energética, ser parte de una política de gobierno cabe el desafío de que logre una continuidad en el tiempo con el compromiso de mejorar a partir de las experiencias ganadas.

Como instrumento la CEV califica las viviendas nuevas con dos letras: la primera la arquitectura y la segunda de manera combinada el rendimiento conjunto de la arquitectura, los equipos y el aporte de energías renovables. Sin embargo, a diferencia de los instrumentos Europeos revisados

no califica la vivienda en función de la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, es decir no es una meta directa e integral de eficiencia energética y sustentabilidad.

Hoy la CEV rige de manera voluntaria, cuya entidad administradora es el MINVU, mide solamente la energía en operación de la vivienda de manera prescriptiva; no consideró el uso de la energía en un ciclo de vida completo ni tampoco propuso un mecanismo de monitoreo continuo, en cada una de las zonas térmicas, bajo la responsabilidad de una institucionalidad independiente cuyo análisis de resultados y mejoras sean vinculantes hacia la mejora de la política. Se debe avanzar en este tema.

La escala de calificación es un ascenso progresivo, el tramo inferior cumple el mínimo de la exigencia según la reglamentación térmica vigente y recibió letra E con un consumo total de energía de 347,8 kWh/m² año, a medida que se cumplieron metas de ahorro mayores se alcanzó la letra A, con un consumo de 138,8 kWh/m² año; proceso que se repite también con letra combinada.

A diferencia de otros países, no se hace referencias en el informe o la etiqueta a nuevos mejoramientos y costos de otras alternativas. Tampoco hace referencia a ahorros económicos estimados por sustitución de energéticos. Esto debería incorporarse como mecanismo de información al consumidor o futuro cliente.

En términos de resultados generales, la baja exigencia de la transmitancia térmica que se consideró en los elementos de la envolvente, dio cuenta de la posibilidad de una mejora de 30% de ahorro de energía por sobre el estándar actual, una vez se efectúe una modificación a la reglamentación térmica.

Finalmente, los autores que investigaron la temática para el caso de Chile, señalaron la necesidad de reforzar el monitoreo para una validación de los consumos reales de uso, o sea; cuando la vivienda está en operación o ya habitada para plantear a futuro objetivos de desempeño. Sin embargo, en esta tesis se valoró los avances reconociendo que el instrumento al estar bien aplicado se transforma en un referente interesante para cuantificar los avances de las mejoras constructivas en el mediano plazo.

La CEV en su etapa de promoción ha ofrecido una serie de alternativas para la adopción de soluciones constructivas térmicas, pero no plantea una validación de las condiciones reales de uso,

Actualmente ocurre que los mejoramientos constructivos térmicos propuestos por la CEV son de carácter prescriptivos coartando principalmente la innovación y la pertinencia de las estrategias al lugar, no incentivando objetivos de desempeño.

Autores señalan que esta falta de conocimiento impacta negativamente en la habitabilidad de las viviendas, con consecuencias sociales y económicas. (Martinez Wegertseder & Kelly, 2015).

3. Análisis de los ahorros de energía de acuerdo a las medidas de mejoramiento propuestas por el MINVU.

Para efectuar un análisis de las medidas de progresivo mejoramiento constructivo térmico, al caso de estudio y cuantificar la potencialidad de aplicación a otros productos inmobiliarios, es necesario caracterizar la demanda en términos de consumo energético y gasto familiar en calefacción.

Al analizar de manera general el régimen de operación de la vivienda de un futuro comprador, permite al promotor orientar de manera clara cuales serían los reales beneficios económicos y de confort para elegir un producto inmobiliario con nuevas y mejores características constructivas orientadas a la eficiencia energética.

Desde otro punto de vista, se abre un frente de análisis para desarrolladores, proyectistas y promotores inmobiliarios en comprender, analizar y decidir la pertinencia de mejoras que se podrían implementar para generar beneficio medibles y cuantificables, esto permite saber de antemano como variaría la rentabilidad del producto inmobiliario y proponer estrategias comerciales que garanticen la aceptación por parte de sus clientes.

Este capítulo se enfocará en caracterizar la demanda desde el punto de vista socio-energético, a fin de relacionar consumo de energía para la vivienda pareada de estudio del segmento asociada al caso de estudio.

3.1. Caracterización socio-energética de la demanda del producto inmobiliario según zona térmica 3.

La caracterización socio-energética, pasa por identificar y luego cuantificar el consumo de energía promedio familiar a calefacción, ocupando como punto de partida para el análisis; el GSE al cual se enfocó el análisis, lo que condujo a medir las variaciones de ahorro de energía una vez se fueron implementando los mejoramientos constructivos, comparándolos con el caso de estudio.

3.1.1 Caracterización económica de la demanda.

En enero 2015, se publicaron los resultados de la encuesta Casen 2013, la que segmenta el ingreso promedio mensual en deciles. Entendiendo que la vivienda es un producto, este para ofrecer beneficios económicos debe ajustarse a las leyes de la oferta y la demanda. Por ende, para satisfacer necesidades debe ajustarse en atributos y precio de venta a parte de un segmento de la demanda.

El valor promedio del producto que mayor presencia tiene en estas comunas tiene una precio de venta de 1547 UF; este monto condiciona la elección del segmento socioeconómico al que se

podrá promover esta vivienda. Efectuando un primer acercamiento al segmento de estudio se presenta el siguiente gráfico:

DEMANDA EN DECILES PARA PRODUCTO INMOBILIARIO DEL CASO.

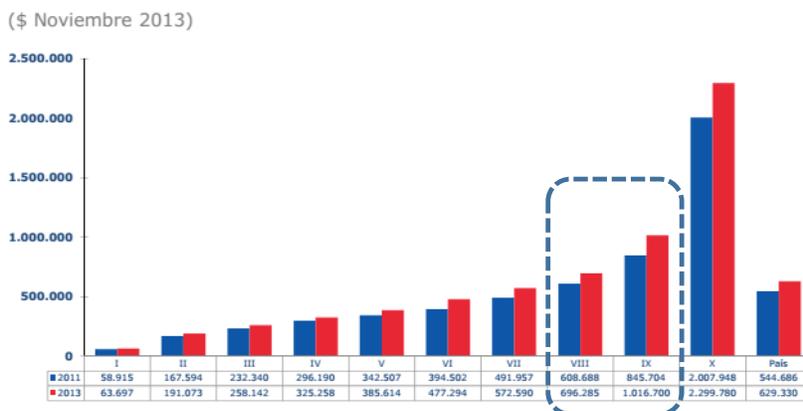


Gráfico 6. Ingreso mensual en deciles para la demanda de estudio. Fuente: Encuesta CASEN 2013.

En un análisis parcial debido a la relevancia del segmento y considerando la oferta disponible catastrada para segmentos medios, los productos inmobiliarios que son sujetos de subsidios van desde 1400 UF hasta 2000 UF (D.S.1 de año 2011, actualizado 14.07.16). Restando el ahorro y el subsidio, el monto a complementar con crédito hipotecario parte desde 1120 UF a 1795 UF. Ocupando el Simulador de Créditos Hipotecarios de la Sbf¹⁵, al tomar la tasa fija más alta correspondiente a 5,30% a 20 años, el dividendo estimado a pago va desde \$201.403 a \$287.681, por lo tanto, la renta estimada va en un rango desde \$875.892 a \$1.150.724.

En la siguiente figura se destaca en color el segmento al cual se enfoca el producto inmobiliario al que se le implementan los progresivos mejoramientos térmicos:

SEGMENTO SOCIO-ECONOMICO DE PRODUCTO INMOBILIARIO DEL CASO.

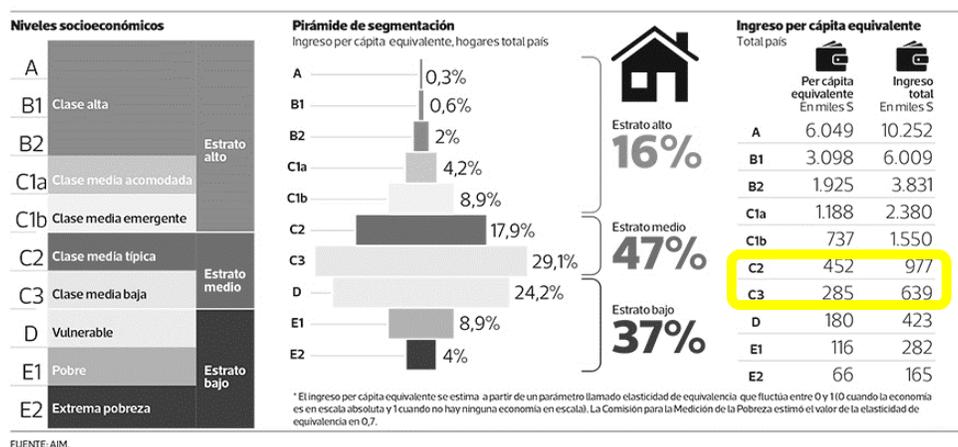


Figura 24. Segmento socioeconómico para el caso base. Fuente: información Encuesta casen 2013 entregada por la Asociación de Investigadores de Mercado. Fecha diciembre 2015.

¹⁵ Sbf: Superintendencia de bancos e información financiera.

Esta renta de \$875.892 aproximada fue necesaria para calcular teóricamente los gastos aproximados que destina a calefacción. Por un lado ayudó a determinar el energético principal en calefacción y por otro, permitió el cálculo asociado al grupo socioeconómico C2-C3 del caso de estudio.

3.1.2 Caracterización energética de la demanda.

Tomando como base el estudio de la CDT-MINERGI (2010) para determinar los energéticos principales se usó como indicador, la penetración de los calefactores por zona térmica y todos los tipos de energéticos asociados a cada uno por hogares, se destacan los tres principales para la zona térmica tres en la siguiente tabla n°27:

PRINCIPALES ENERGÉTICOS ASOCIADOS A HOGARES EN LA ZONA TERMICA TRES.

Calefactor o Estufa a:	NACIONAL	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Gas licuado en balones	34,4%	1,9%	34,4%	48,4%	31,3%	19,9%	12,9%	6,3%
Estufa a leña	31,0%	0,9%	16,3%	11,2%	59,8%	90,2%	91,1%	53,2%
Estufa a parafina	20,5%	1,7%	8,2%	33,5%	19,9%	7,9%	5,5%	1,3%
Estufa eléctrica	11,7%	5,9%	12,4%	15,3%	12,1%	3,5%	3,0%	4,3%
Estufa a carbón	2,5%	0,7%	1,1%	2,1%	5,7%	4,0%	0,3%	0,4%
Gas natural o gas licuado con medidor	2,4%	0,0%	4,3%	1,5%	1,6%	0,0%	0,0%	42,7%
Estufa a pellets	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabla 28. Principales tipos energéticos en zona térmica 3 (fondo rojo). Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial 2010.

En un nuevo estudio efectuado por la CDT y el MINERGI del año 2015, se señaló que la RM es la que tiene mayor número de calefactores, debiéndose principalmente a la cantidad de población. Los energéticos principales expuestos en el gráfico siguiente, fueron fundamentales; ya que en el análisis económico posterior esta variable condicionará el resultado del ahorro económico familiar potencial efectivo por ahorro en el consumo de energía; los cuales cambiaron para cada una de las mejoras constructivas térmicas.

PRINCIPALES ENERGÉTICOS ASOCIADOS A CALEFACTORES EN LA ZONA TERMICA TRES.

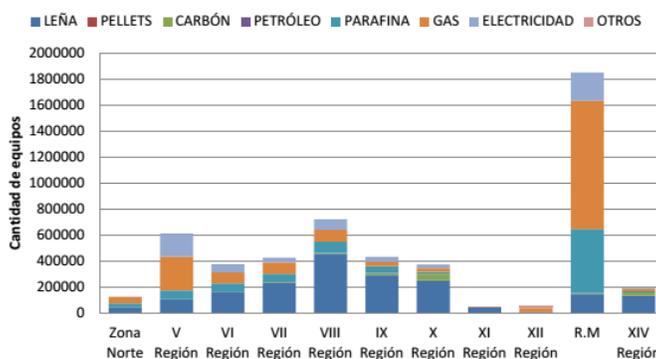


Gráfico 7. Equipos por combustible a nivel nacional. Fuente: CDT y MINERGI, año 2015.

A fin de tener un referente oficial, se trabajó con la encuesta Presupuestos Familiar 2012 del SERNAC para relacionar el consumo de energía para calefacción a grupo socioeconómico en función del consumo bajo situación de confort.

3.1.3 Consumo bajo situación de confort térmico y gasto mensual.

A fin de enmarcar las mejoras que permitieron ascender en la calificación, se propuso destacarlas en el modelo del caso.

La comparación entre consumo energético familiar promedio y consumo bajo situación de confort calculada para la vivienda objeto según cada mejora incorporada y considerando el segmento socioeconómico al que se dirige la oferta del producto, se presenta en la siguiente tabla n°29, pág. 76.

El análisis para el segmento socioeconómico C2-C3, mostró que el consumo real en calefacción ocupando como energético el gas licuado, fue equivalente a una cobertura del 3,06% del consumo en situación de confort sin implementar ningún mejoramiento constructivo térmico.

Una vez implementado los mejoramientos constructivos térmicos n°9, n°13, n°14 y n°18; los consumos reales en calefacción ocupando gas licuado como energético fueron: 4,43%; 6,15%; 7,82% y 10,72% respectivamente del consumo necesario para estar en situación de confort.

Al alcanzar una calificación E, en la vivienda pareada de 51,7 m² construida fue equivalente a un consumo en calefacción de 12.511 kWh/año, el cual expresado en gasto resultó estar 32 veces por sobre el promedio de energía que destina una familia en Lampa ocupando el gas licuado.

**CONSUMOS BAJO SITUACIÓN DE CONFORT Y GASTOS FAMILIAR POR ENERGETICO COMPARADO PARA
LOS SEGMENTOS DE DEMANDA GSE C2-C3**

MEJORA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año	AHORRO kWh/año	CONSUMO kWh/año KEROSENE	CONSUMO kWh/año GAS LICUADO	CONSUMO kWh/año ELECTRICIDAD	CALIFICACION ARQUITECTURA	CALIFICACION ARQUITECTURA MAS EQUIPOS
CASO BASE	12511	12697	186	569	383	229	E	E
MEJORA 1	12219	12697	478	569	383	229	E	E
MEJORA 2	12219	12697	478	569	383	229	E	E
MEJORA 3	11730	12697	967	569	383	229	E	E
MEJORA 4	11584	12697	1113	569	383	229	E	E
MEJORA 5	10903	12697	1794	569	383	229	E	E
MEJORA 6	10377	12697	2320	569	383	229	D	D
MEJORA 7	10377	12697	2320	569	383	229	D	E
MEJORA 8	8944	12697	3753	569	383	229	D	D
MEJORA 9	8630	12697	4067	569	383	229	D	D
MEJORA 10	7660	12697	5037	569	383	229	C	D
MEJORA 11	7516	12697	5181	569	383	229	C	D
MEJORA 13	6266	12697	6431	569	383	229	C	D
MEJORA 12	6266	12697	6431	569	383	229	C	D
MEJORA 14	4895	12697	7802	569	383	229	B	C
MEJORA 15	4780	12697	7917	569	383	229	B	C
MEJORA 16	4780	12697	7917	569	383	229	B	C
MEJORA 17	4741	12697	7956	569	383	229	A	C
MEJORA 18	3571	12697	9126	569	383	229	A	C
MEJORA 19	3566	13507	9941	503	339	202	A+	C
MEJORA 20	516	13507	12992	503	339	202	A++	C

Tabla 29. Situación comparativa entre consumos reales frente a consumo teórico en calefacción una vez efectuadas las progresivas mejoras constructivas térmicas. Fuente: elaboración propia en base a herramienta CEV y Encuesta Presupuestos Familiares, SERNAC 2012.

De elevar la exigencia en la transmitancia térmica en Santiago con los mismos parámetros del extremo sur; por ejemplo, Punta Arenas (zona térmica 7) que se graficó como el mejoramiento n°19; la reducción en el consumo de energía se redujo 3,5 veces respecto del caso base, y comparando el consumo familiar con gas licuado este fue equivalente a una cobertura del 9,5% de toda la energía para calefacción.

Colocando este análisis en una perspectiva a largo plazo, si se ocupara un sistema de calefacción eficiente en base a electricidad como energético y aplicando más aislación para reducir la transmitancia de los elementos de la envolvente, efectivamente se reduce la distancia entre consumo de confort y consumo promedio familiar a un 65,6% de cobertura.

En el siguiente gráfico se aíslan las soluciones elegidas, comparadas con el caso base de estudio, que permitieron subir en la calificación, se ilustra el incremento de ahorros expresados en la reducción de la brecha una vez aplicados los mejoramientos constructivos térmicos:

CONSUMO TEORICO Y REAL COMPARADO POR ENERGÉTICO PARA EL SEGMENTO DE DEMANDA GSE C2-C3 DEL PRODUCTO INMOBILIARIO DE ESTUDIO.

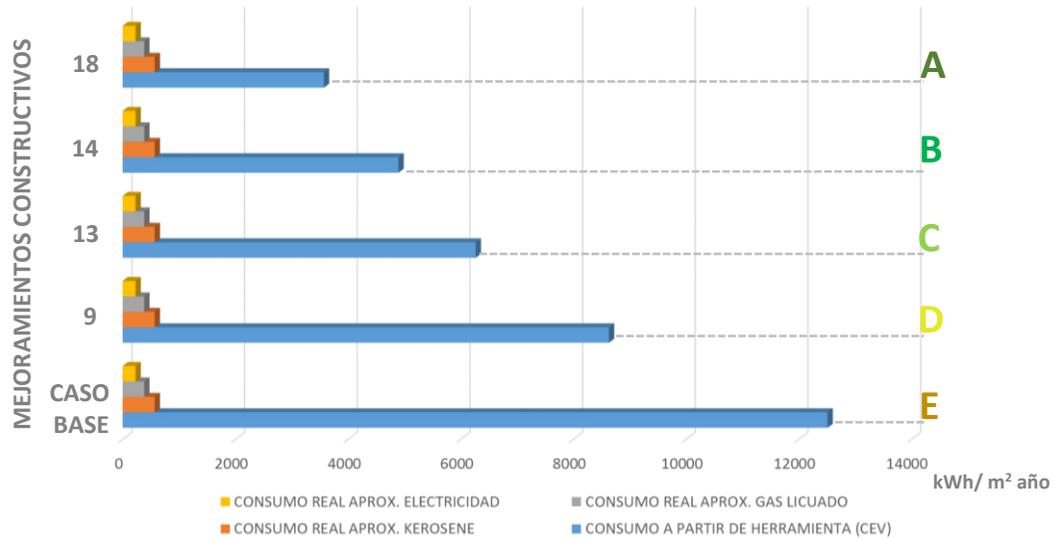


Gráfico 8. Reducción de la brecha entre consumo real anual consumo (kWh/m²año) bajo situación de confort por aplicación de mejoramientos constructivos térmicos. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV y cifras de encuesta Presupuestos Familiares del SERNAC 2012.

La brecha se reduce una vez que se van efectuando mejoramientos constructivos, sin embargo, aunque se reduzcan las transmitancias térmicas en los elementos de la envolvente, aún la brecha de energía es 32,54 veces cuando se comparó con el caso base (ver gráfico n°9). Cabe considerar, que este cálculo esta efectuado bajo un régimen de cálculo óptimo que entrega la herramienta CEV, por lo que un estudio más profundo deberá considerar aspectos culturales y hábitos de horarios de encendidos de equipos de calefacción.

CONSUMO REAL ESTIMADO DEL GSE C2-C3 APLICADO AL PRODUCTO INMOBILIARIO DE ESTUDIO.

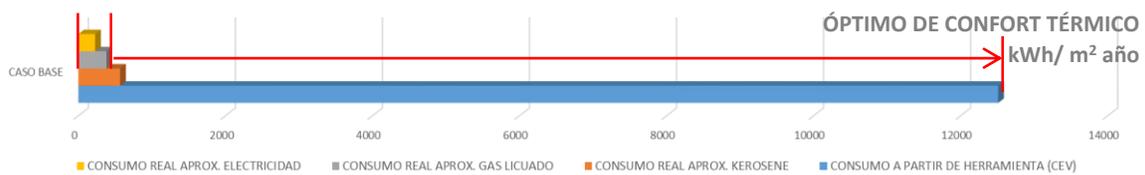


Gráfico 9. Consumo real estimado para GSE C2-C3 sujeto de estudio en relación a consumo entregado por simulación CEV. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Encuesta de Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.

Con el objetivo de ilustrar la significancia de la CEV como instrumento general de medición de la calidad de las viviendas en términos de reducir la brecha de confort óptimo y el consumo real de energía que tienen las familias del GSE del estudio, y, plantear la relevancia de reducir la transmitancia de los elementos de la envolvente hacia un mayor ahorro de energía, se añadieron dos nuevas mejoras constructivas térmicas a modo de comparación.

Ambas nuevas mejoras, son solo ilustrativas a fin de ampliar el contexto de aplicación de la CEV planteando un escenario más restrictivo para la zona térmica 3 con el marco normativo vigente

establecido en la O.G.U.C. Art. 4.1.10, asimilándose con países de mayor índice de desarrollo humano como Europa y sus implicancias en alcanzar el confort térmico.

El mejoramiento constructivo n°19 tomó como referencia la normativa nacional, se comparó la incidencia de los cambios de exigencia en la transmitancia térmica ocupando solo la reglamentación térmica vigente, consistente en aplicar la transmitancia de los elementos constructivos de la envolvente de la zona térmica 7 a la zona térmica 3 del caso de estudio sin la inclusión de sistema de calefacción.

El mejoramiento constructivo n°20, se basó en estudios de la *European Insulation Manufacturers Association* (Eurima) y una consultora privada de carácter internacional especializada en el uso sostenible de la energía (Ecofys).¹⁶ Este estudio evaluó la transmitancia de los edificios y su evolución a lo largo del tiempo, clasificándolos en tres zonas climáticas: fría, moderada y cálida. Finalizó el estudio recomendando cuál debería ser el factor de transmitancia para una vivienda, a definir en las nuevas normativas. (Ver Anexo n°I)

Ambas soluciones constructivas se destacan comparándose con los mejoramientos constructivos que son objeto de calificación, que se muestran en el siguiente gráfico:

CONSUMO TEORICO Y REAL POR ENERGETICO COMPARADO PARA EL SEGMENTO DE DEMANDA GSE C2-C3 DEL PRODUCTO INMOBILIARIO DE ESTUDIO.

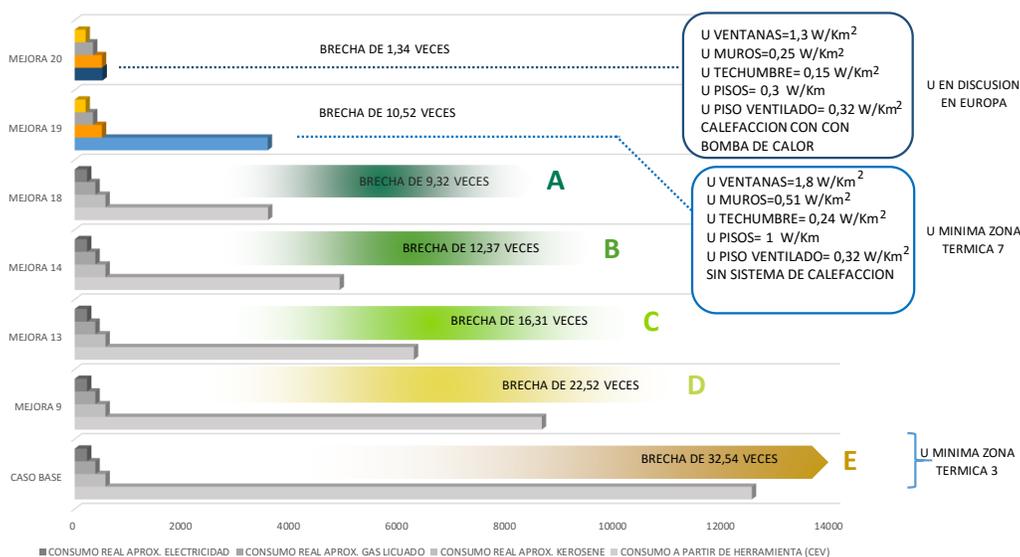


Gráfico 10. Comparación de brechas entre consumo real y consumo en situación de confort aplicando nuevos estándares más exigentes. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV y cifras de encuesta Presupuestos Familiares del SERNAC 2012.

Se visualiza una importante mejora entre la calificación E y D, equivalente a más de tres veces el acercar el gasto real en calefacción al consumo óptimo bajo régimen de confort térmico.

¹⁶ Estudio basado en PETERSDORFF, Carsten; BOERMANS, Thomas; HARNISCH, Jochen; JOOSEN, Suzanne; WOUTERS, Frank. "The Contribution of Mineral Wool and other Thermal Insulation Materials to Energy Saving and Climate Protection in Europe". Eurima (European Insulation Manufacturers Association)-Ecofys. Colonia, 2002, p. 29.

Efectuando una reducción de la transmitancia a todos los elementos de la envolvente, que en el caso de comparación entre caso base y mejoramiento 19, en muros equivale a un 73%, la brecha entre consumo óptimo y consumo que destina la familia se redujo en 22,02 veces. El mejoramiento n°20, nos ubica en un plano de comparación de consumos con los países de clima mediterráneo y fríos de Europa.

La incidencia se da por la mayor exigencia en los mínimos de transmitancia térmica de los elementos que conforman la envolvente, pero estas medidas pasivas deben ir acompañadas con la incorporación de sistemas de calefacción más eficientes, por esto al aplicar la medida 20 se ocupó electricidad.

Desde la perspectiva inmobiliaria esta información es relevante, ya que una información no sólo pasa por ofrecer a la venta un producto de mejor calificación, sino que también ofrecer información que tenga que ver con los reales ahorros económicos en energía. En relación al análisis, se reconoce que solo se acorta la distancia para alcanzar una temperatura de confort, pero no lo suficiente para hacer notoria la mejora en términos de reducción de consumo de energía.

3.2. Verificación de los ahorros en energía según los progresivos mejoramientos constructivos térmicos.

3.2.1. Análisis de ahorros energético para el caso base.

La elección de las medidas de mejoramiento térmico constructivo a aplicar, se enmarcó en la revisión, análisis y resumen del listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, vigente al año 2016 (ver resumen de medidas en listado en Tabla n°21, pág. 62). Desde este documento, se extrajeron y catalogaron por cada zona térmica, luego; las medidas asociadas al sistema constructivo de albañilería a aplicar en la zona térmica 3; y finalmente, según la Transmitancia térmica contenidas en las fichas del Listado, se traspasó a los campos de la planilla para efectuar las simulaciones para los casos de estudio.

Una vez aplicadas las medidas de mejoramiento constructivo térmico tomando como base el caso de referencia: vivienda pareada en dos pisos de albañilería de 51,7 m², efectivamente se reduce el consumo total de energía de 348 kWh/m²año (caso base) hasta 139 kWh/m²año para la mejora 18, equivalente a un ahorro estimado de 209 kWh/m²año. La reducción de consumo de energía del caso de estudio comparado con los sucesivos mejoramientos constructivos se ilustra en el siguiente gráfico n°11:

EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA CASO BASE DE 51,7m² SEGÚN CADA MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO TÉRMICO

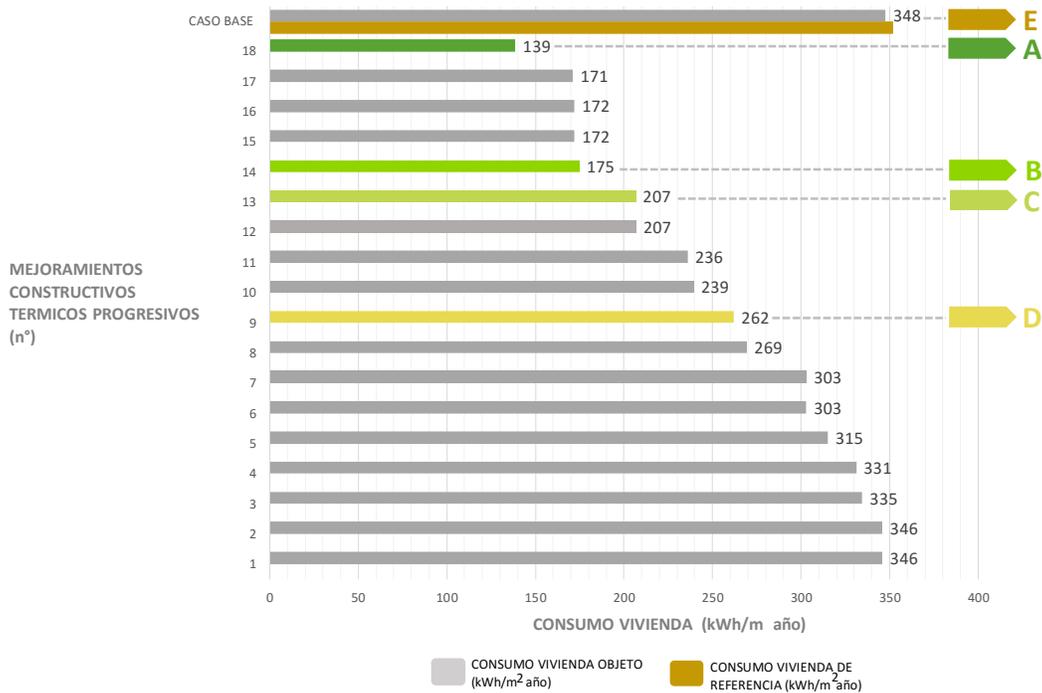


Gráfico 11. Consumo total de energía para cada medida de mejoramiento constructivo térmico aplicada.

Fuente: elaboración propia en base a herramienta de simulación CEV.

En relación al análisis de los ahorros de las progresivas medidas, se da un escalamiento de ahorros creciente entre el caso base y mejoramiento n°9 de 86 kWh/m²año, implementado el mejoramiento n°13 se generó una reducción de 141 kWh/m²año, con el mejoramiento n°14 fue 173 kWh/m²año y para el mejoramiento 18 el ahorro fue 209 kWh/m²año.

Considerando como parámetro de análisis un informe emitido por la entidad calificadora del MINVU del año 2015, se indicó que el promedio de consumo energético para la zona térmica tres fue 338 kWh/m²año, hay solo una diferencia de 10 kWh/m²año con el caso base.

El ahorro para el caso base, incorporando las diferentes soluciones constructivas de mejoramiento térmico del MINVU aplicables al sistema constructivo base, se muestra en el siguiente gráfico:

RELACIÓN CONSUMO/AHORRO APLICADOS LOS MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS TERMICOS.

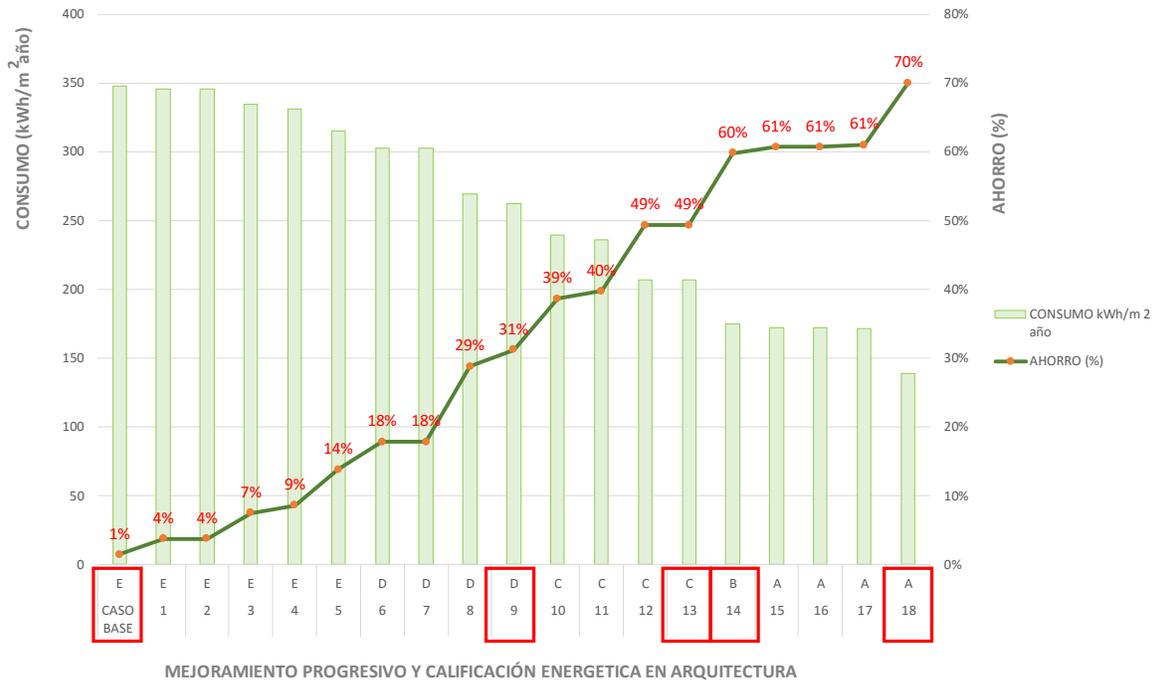


Gráfico 12. Relación ahorro-consumo por mejora progresiva. Fuente: Elaboración propia.

Al correlacionar el gráfico con la transmitancia de todos los elementos de la envolvente de todos los mejoramientos constructivos térmicos (tabla n°20, pág. 20), se comprueba que a > U mayores ahorros de energía. El alcanzar mayores ahorros de energía es más notorio para la calificación superior A y se hace menos notorio para las mejoras 14 a 17, y un incremento de ahorro de 10% entre el mejoramiento n°14 y mejoramiento n°18.

En relación a los materiales empleados, hay un abanico más amplio de soluciones para alcanzar las primeras calificaciones, sin la necesidad de incorporar ventanas termopanel, lo que valida las sugerencias del MINVU (las que no están en discusión en esta tesis), sin embargo, en el análisis económico en el siguiente capítulo se evaluará su pertinencia con respecto a los ahorros de energía.

A fin de cuantificar los ahorros de energía por temporada para el caso, se trabajó con la hoja de resultados detallados de la herramienta de calificación para determinar la demanda y consumo desagregados en [kWh/año], lo anterior fue importante de determinar como paso previo para efectuar el cálculo de ahorros económicos e ingresarlo al modelo económico de evaluación.

Al efectuar de manera progresiva las simulaciones de las mejoras constructivas térmicas, el consumo de energía para calefacción para el caso base se estimó en 12.511 kWh/año, y se redujo hasta 3.571 kWh/año; equivalente a una reducción de 9126 kWh/año, significando una reducción del 70% respecto del caso base.

Analizando los ahorros totales al año por cada mejora propuesta, solo las medidas que alcanzaron la calificación B y A; sus ahorros superan el consumo.

Al analizar las cifras de ahorro energético, la calificación de la demanda constituye un instrumento base para medir los avances en la reducción de la distancia que hoy hay entre el confort logrado y la calefacción para las distintas zonas térmicas.

3.2.2. Criterio de selección de los mejoramientos constructivos a aplicar al modelo base.

Conforme al análisis efectuado se eligieron para evaluar económicamente, los mejoramientos constructivos que permitieron obtener mayores ahorros de energía y mejores letras de calificación, se expone el resumen en el siguiente gráfico:

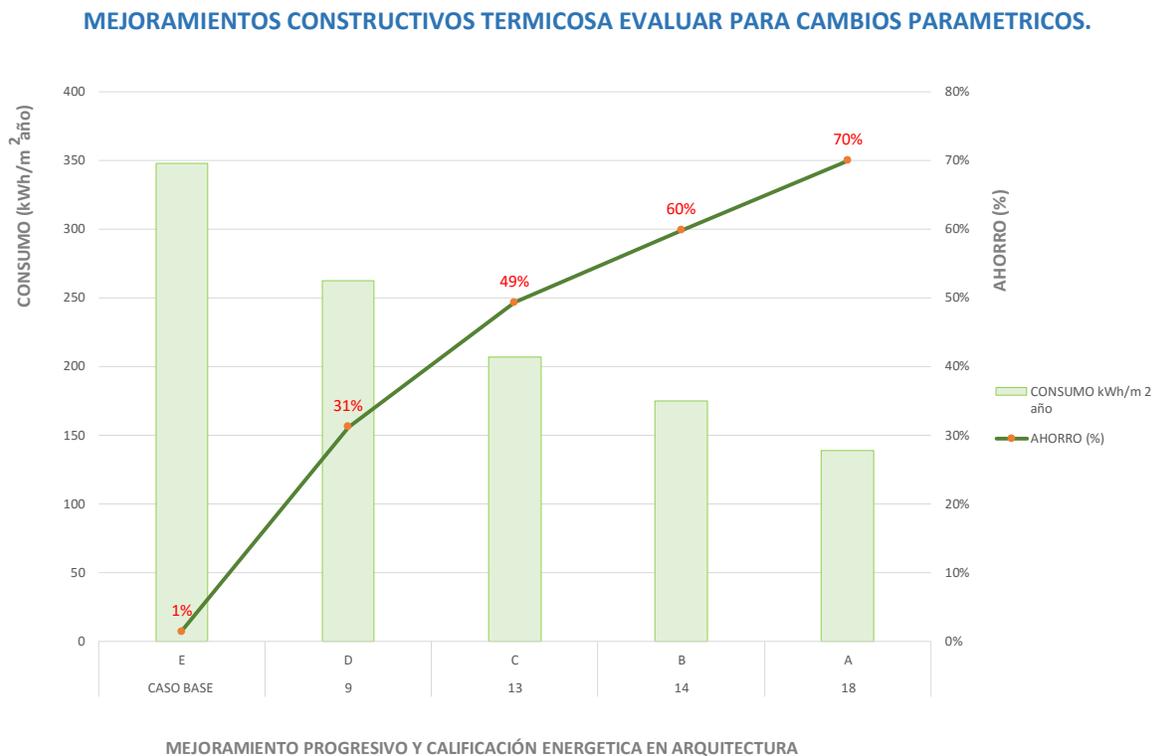


Gráfico 13. Mejoramientos constructivos térmicos a evaluar para cambios paramétricos.
Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

3.3. Verificación de ahorro por cambios paramétricos de la envolvente.

Una vez determinados los mejoramientos que otorgan mayor ahorro de energía ascendiendo en la calificación (ver gráfico n°13) y determinado el consumo en situación de confort térmico y gasto mensual, se evaluará algunos cambios a efectuar en la envolvente para cuantificar su incidencia en la demanda y consumo de energía y verificar si se aumenta la calidad del producto en términos de una mejor calificación.

Se analizarán algunas variables de relevancia arquitectónica en relación a orientación y tamaño de ventanas, ya que son campos relevantes desde el punto de vista del uso de la herramienta CEV.

Desde el punto de vista de los costos de los mejoramientos, si bien, al reducir el tamaño de ventanas aumenta el área de muros, se deberá efectuar el análisis global al reducir el área ventanas DVH (mayor precio que cristal monolítico) en comparación a subir la superficie de muros, lo que deberá verificarse en los resultados de flujo de caja y cálculo del VAN en el apartado de evaluación económica.

3.3.1 Orientación.

Dada la relevancia que tiene la orientación en la percepción de confort, ventilación y sobrecalentamiento se evaluó la variación de la demanda energética en calefacción y cambios en la calificación.

Todos los campos de la herramienta de calificación se mantuvieron sin alterar; solo los que tienen que ver con la orientación se cambiaron, cuyos resultados se resumen en la tabla n°30:

CAMBIOS EN LOS CONSUMOS POR CAMBIO DE ORIENTACION PARA CADA MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO TERMICO.

CASO BASE	CONSUMO DE CALEFACCION			
	ORIENTACION			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
DEMANDA ANUAL kWh/año	8132,3	8304,9	8258,3	7836,4
DEMANDA TOTAL kWh/m ² /año	172,8	176,5	175,5	166,5
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	E	E	E	E
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	15,82	15,82	15,82

MEJORAMIENTO 9	CONSUMO DE CALEFACCION			
	ORIENTACION			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
DEMANDA ANUAL kWh/año	5609,7	5778,7	5733	5321,2
DEMANDA TOTAL kWh/m ² /año	119,2	122,8	121,8	113,1
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	D	D	D	D
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	15,82	15,82	15,82

MEJORAMIENTO 13	CONSUMO DE CALEFACCION			
	ORIENTACION			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
DEMANDA ANUAL kWh/año	4073,1	4237,3	4192,9	3794,5
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	86,6	90,1	89,1	80,6
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	C	C	C	B
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	15,82	15,82	15,82

MEJORAMIENTO 14	CONSUMO DE CALEFACCION			
	ORIENTACION			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
DEMANDA ANUAL kWh/año	3182	3341,5	3298,3	2913,2
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	67,6	71	70,1	61,9
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	B	B	B	A
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	15,82	15,82	15,82

MEJORAMIENTO 18	CONSUMO DE CALEFACCION			
	ORIENTACION			
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
DEMANDA ANUAL kWh/año	2321,1	2473,3	2432	2067,7
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	49,3	52,6	51,7	43,9
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	A	A	A	A
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	15,82	15,82	15,82

Tabla 30. Consumo de energía estimado para caso base en sus respectivas orientaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta de calificación MINVU.

En términos generales se comprueba que la orientación sur por cada mejoramiento evaluado es la que genera mayor demanda, y luego la orientación este como la segunda más desfavorable.

Se marca una diferencia cuando la única ventana ubicada en el muro opuesto paralelo al medianero se enfrenta a la orientación norte o sur. En todos los casos hay una reducción de la demanda cuando esta ventana se orienta al norte vinculado al menor consumo de energía a diferencia de la orientación sur.

En términos de resultados de asignación de calificación energética, el abanico de cambios de orientación para este modelo de estudio no significó diferentes calificaciones de arquitectura en la CEV, salvo para mejoramientos n°13 y 14 solo en la orientación oeste debido a el factor positivo que fue el sustituir la ventana de vidrio monolítico por ventanas DVH, (ver tabla n°21, pág. 62) y la no existencia de ninguna ventana al sur por ser muro considerado adiabático.

3.3.2 Cambios de dimensiones en ventanas.

En esta tesis se efectuaron las simulaciones considerando el máximo de superficie de ventana permitida para la zona térmica tres, para el uso de vidrio simple, según O.G.U.C.

Luego, se tomó como referencia el estudio efectuado entre la CDT y MINERGIA (2010), el cual después de efectuar un análisis al parque construido nacional concluyó que para el segmento C2-C3 de la vivienda en estudio la superficie total de ventanas es de 12,25 m². Esta superficie se usará para la segunda simulación.

Estas cifras se pueden modificar y reducir, ya que cada proyecto puede tomar decisiones de diseño propias, sin embargo; se reconoce que metodológicamente un análisis de cada proyecto considerando este ítem, podría ser una investigación particular, lo cual se aleja de los objetivos de esta tesis.

COMPARACION ENTRE ORIENTACIONES Y DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANAS Y LA INCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE DEMANDA Y CONSUMO, CASO BASE

CASO BASE	CONSUMO DE CALEFACCION							
	ORIENTACION							
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE	
DEMANDA ANUAL kWh/año	8132,3	8255,9	8304,9	8395,2	8258,3	8357,5	7836,4	8018,1
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	172,8	175,5	176,5	178,4	175,5	177,6	166,5	170,4
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	E	E	E	E	E	E	E	E
CONSUMO ANUAL kWh/año	12511	12701	12776,7	12915,8	12705,1	12857,7	12056	12335,5
CONSUMO TOTAL kWh/m ² año	265,9	269,9	271,5	274,5	270	273,3	256,2	262,2
LETRA DE CALIFICACION (Consumo)	E	E	E	E	E	E	E	E
(-) AUMENTO (+) AHORRO kWh/m ² año	0	-4,0	-5,6	-8,6	-4,1	-7,4	9,7	3,7
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64

Tabla 31. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, caso base Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

Se constató para el caso base, que la disminución de la superficie de ventanas en la orientación norte (N) no se tradujo en ahorros de energía, al contrario; lo que se repitió en todas las orientaciones excepto en la orientación oeste (O).

En relación al consumo total, la orientación O sin reducir la superficie (15.82 m²) el desempeño energético de la envolvente fue el que generó un mayor ahorro respecto de la orientación base, bajando el consumo total en 9,7 kWh/m²año, este ahorro es cercano al 3,64%; no logró ser incidente en mejorar la calificación, según tabla n°31.

COMPARACION ENTRE ORIENTACIONES Y DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANAS Y LA INCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE DEMANDA Y CONSUMO, MEJORAMIENTO 9

MEJORAMIENTO 9	CONSUMO DE CALEFACCION							
	ORIENTACION							
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE	
DEMANDA ANUAL kWh/año	5609,7	5365,7	5778,7	5502,2	5733	5465,2	5321,2	5133,7
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	119,2	114	122,8	116,9	121,8	116,1	113,1	109,1
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	D	D	D	D	D	D	D	D
CONSUMO ANUAL kWh/año	8630,3	8255	8890,3	8465	8820	8408,1	8186,5	7898
CONSUMO TOTAL kWh/m ² año	183,4	175,4	188,9	179,9	187,4	178,7	174	167,9
LETRA DE CALIFICACION (Consumo)	D	D	D	D	D	D	D	D
(-) AUMENTO (+) AHORRO kWh/m ² año	0	8,0	-5,5	3,5	-4	4,7	9,4	15,5
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64

Tabla 32. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 9 Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

En la tabla n°32 se observó que las diferentes orientaciones incidieron en los resultados de la demanda, la orientación sur (S) y la orientación (E) si se comparan entre sí no generan ahorros. Sólo la reducción de ventanas logró un ahorro energético respecto al consumo total del caso base (celda en rojo) comparado con la E (celda en azul) equivalente al 1,9% y para la O (celda verde) un ahorro de 8,45% en el consumo total kWh/m²año.

No se logró obtener una mejor calificación energética.

La revisión de los resultados para el mejoramiento 13 se resume en la siguiente tabla:

COMPARACION ENTRE ORIENTACIONES Y DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANAS Y LA INCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE DEMANDA Y CONSUMO, MEJORAMIENTO 13

MEJORAMIENTO 13	CONSUMO DE CALEFACCION							
	ORIENTACION							
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE	
DEMANDA ANUAL kWh/año	4073,1	4135,6	4237,3	4269,4	4192,9	4233,1	3794,5	3909,2
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	86,6	87,9	90,1	90,7	89,1	90	80,6	83,1
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	C	C	C	C	C	C	B	C
CONSUMO ANUAL kWh/año	6266,3	6363	6519	6568,3	6450,6	6512,5	5837,6	6014,1
CONSUMO TOTAL kWh/m ² año	133,2	135,2	138,5	139,6	137,1	138,4	124,1	127,8
LETRA DE CALIFICACION (Consumo)	C	D	D	D	D	D	C	C
(-) AUMENTO (+) AHORRO kWh/m ² año	0	-2,0	-5,3	-6,4	-3,9	-5,2	9,1	5,4
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64

Tabla 33. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 13. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

Al efectuar el análisis de los resultados para el mejoramiento 13, se observó una mejora en la letra de calificación cuantificando la demanda (tabla n°33) en la fachada O (celda en rojo) sin reducir la superficie de ventanas. La demanda aumenta al reducir la exposición a las ganancias solares cuando se disminuye la superficie de ventanas para todas las orientaciones.

Se constató que la vivienda al orientarse en sentido este-oeste con mayor ventana al sur (celda azul) comparado con la orientación E con ventana al norte (celda verde), no solo incrementó la demanda y consumo energético para orientación E, sino que se marcó una diferencia de 13 kWh/m²año en términos absolutos con la orientación O.

En relación al consumo, comparando la opción que obtiene mayor ahorro (ovalo en rojo) con el caso base (ovalo en azul), fue del 6,83%.

La revisión de los resultados para el mejoramiento 14 se resume en la siguiente tabla:

COMPARACION ENTRE ORIENTACIONES Y DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANAS Y LA INCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE DEMANDA Y CONSUMO, MEJORAMIENTO 14

MEJORAMIENTO 14	CONSUMO DE CALEFACCION							
	ORIENTACION							
	NORTE	SUR		ESTE	OESTE			
DEMANDA ANUAL kWh/año	3182	3222,4	3341,5	3352,8	3298,3	3317,4	2913,2	3002,9
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	67,6	68,5	71	71,3	70,1	70,5	61,9	63,8
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	B	B	B	B	B	B	A	A
CONSUMO ANUAL kWh/año	4895,5	4958	5140,7	5138,1	5074,3	5103,6	4481,9	4619,9
CONSUMO TOTAL kWh/m ² año	104	105,4	109,3	109,6	107,8	108,5	95,3	98,2
LETRA DE CALIFICACION (Consumo)	C	C	C	C	C	C	C	C
(-) AUMENTO (+) AHORRO kWh/m ² año	0	-1,4	-5,3	-5,6	-3,8	-4,5	8,7	5,8
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64

Tabla 34. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 14. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

Al evaluar los resultados, no hubo variación en los resultados de la letra de calificación cuando se mide el desempeño de arquitectura+equipos+tipo de energía, sin embargo, la orientación oeste-este con una ventana al norte obtuvo una mejora en su calificación cuando se evaluó la demanda, correspondiente a la calificación superior A.

La demanda y consumo aumentan en las orientaciones cuando el producto inmobiliario contempla una ventana al sur. En relación al consumo, comparando la opción que obtiene mayor ahorro (celda en rojo) con el caso base (celda en azul), la reducción fue del 8,36%.

La revisión de los resultados para el mejoramiento 18 se resume en la siguiente tabla:

COMPARACION ENTRE ORIENTACIONES Y DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE VENTANAS Y LA INCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE DEMANDA Y CONSUMO, MEJORAMIENTO 18

MEJORAMIENTO 18	CONSUMO DE CALEFACCION							
	ORIENTACION							
	NORTE	SUR		ESTE	OESTE			
DEMANDA ANUAL kWh/año	2321,1	2486,9	2473,3	2612,7	2432	2578,5	2067,7	2276,2
DEMANDA TOTAL kWh/m ² año	49,3	52,9	52,6	55,5	51,7	54,8	43,9	48,3
LETRA DE CALIFICACIÓN (Demanda)	A	A	A	A	A	A	A	A
CONSUMO ANUAL kWh/año	3571,3	3826	3805	4019,6	3741,6	3966,9	3181	3501,9
CONSUMO TOTAL kWh/m ² año	75,9	81,3	80,9	85,4	79,5	84,6	67,6	74,4
LETRA DE CALIFICACION (Consumo)	B	B	B	B	B	B	B	B
(-) AUMENTO (+) AHORRO kWh/m ² año	0	-5,4	-5	-9,5	-3,6	-8,7	8,3	1,5
SUPERFICIE DE VENTANAS	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64	15,82	12,64

Tabla 35. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 18. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.

Al efectuar la disminución de superficie en ventanas, efectuando la comparación con una u otra orientación, de mayor superficie de ventanas, en todos los casos la demanda y consumo de energía aumento cuando se redujo el área de ventanas.

En términos de calificación no hubo cambios en relación al caso base del mejoramiento.

La incidencia de la orientación del caso oeste (celda en rojo) en relación al caso base de la mejora (celda en azul) trajo como resultado una disminución en el consumo del 10,9%, ambas con un área de ventanas de 15,82% correspondiente al máximo del Art. 4.1.10 de la O.G.U.C.

También se observó la que la vivienda con orientación de fachada principal al sur y presencia de una ventana al sur cuando esta se ubica en orientación este-oeste son las más desfavorables.

3.4. Determinar la calificación y el etiquetado de la certificación de ahorros energético.

En general, un aspecto a considerar es que la CEV plantea que en el caso de proyectos que involucren la venta de más de una unidad se debe sacar el promedio de demanda y consumo lo que se denomina PPC, que asigna una letra de calificación al conjunto de acuerdo a la ubicación de los resultados de acuerdo a la siguiente tabla:

	PPC Zona 1 y 2	PPC Zona 3, 4 y 5	PPC Zona 6 y 7
A	0 - 30.00	0 - 40.00	0 - 55.00
B	30.01 a 40.00	40.01 a 50.00	55.01 a 65.00
C	40.01 a 55.00	50.01 a 65.00	65.01 a 85.00
D	55.01 a 75.00	65.01 a 85.00	85.01 a 95.00
E	75.01 a 110.00	85.01 a 110.00	95.01 a 110.00
F	110.01 a 135.00	110.01 a 135.00	110.01 a 135.00
G	135.01 o mayor	135.01 o mayor	135.01 o mayor

Tabla 36. Calificación de Arquitectura (demanda de energía en calefacción) Fuente: (MINVU-DITEC, 2014)

Una vez que se incorpora a la evaluación el cálculo de medidas constructivas a la arquitectura el aporte de ahorro de los equipos y sistemas, los resultados deben enmarcar en una sola banda decreciente según la demanda y consumo aproximado. Ver tabla n° 36.

	Todas las zonas
A	0 - 30.00
B	30.01 a 45.00
C	45.01 a 60.00
D	60.01 a 80.00
E	80.01 a 110.00
F	110.01 a 135.00

Tabla 37. Calificación Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía (consumo de energía terciaria). Fuente: (MINVU-DITEC, 2014)

Queda por evaluar el promedio de calificación para el conjunto, una vez determinada la medida constructiva térmica para el grupo socio económico de la demanda específica. Se puede anticipar que los resultados promedio de certificado y etiqueta están en su mayoría en la letra E debido al análisis anteriormente hecho que tuvo que ver con el cambio de orientación de la vivienda objeto del modelo de estudio; cabe la pregunta si para el inversor inmobiliario le es útil el promover la información de los resultados de esta simulación para el futuro comprador y a su competencia.

ASIGNACIÓN DE LETRA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y AHORRO PARA MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE MEJOR DESEMPEÑO.

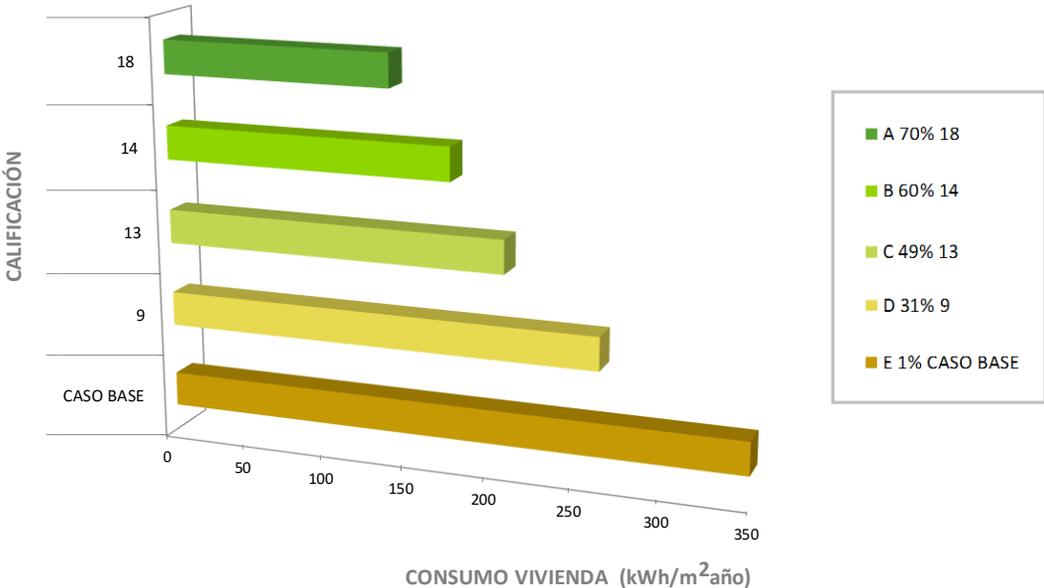


Gráfico 14. Calificación energética para producto inmobiliario de estudio con progresivas mejoras. Caso de estudio: Vivienda pareada nueva de 51,7m² en Santiago.

Se puede señalar que los tramos de ahorros son más significativos para las letras entre E y D, y luego de manera más estrecha entre C y A. Además las tres más bajas calificaciones se obtuvo un ahorro de 49% en la letra que califica la arquitectura, luego con un ahorro adicional del 21% fue posible alcanzar la letra A de calificación energética.

Desde el punto de vista de la materialidad de las soluciones que fueron extraídas del manual de Acondicionamiento Térmico del MINVU, hay un abanico mayor de alternativas para las tres mayores calificaciones, y se reducen para las que tienen mejor EE correspondientes a las letras A y B.

3.5. Conclusiones parciales.

La diversidad de resultados para este caso de estudio, en un contexto amplio de heterogeneidad de la demanda, distintos productos e incidencia de múltiples factores técnicos obligó un análisis de caso puntual.

La doble condición: (1) precio de venta de 1471 UF promedio en Lampa, y (2) el GSE C2-C3, permitió acotar el rango de renta familiar cercano a \$875.892. Del análisis anterior y las referencias en estudios de la CDT-MINERGA, se determinó que los energéticos principales para la zona fueron: gas licuado, parafina y electricidad.

Una vez implementados de manera gradual los mejoramientos, se registró una brecha energética 32 veces mayor respecto de la temperatura de confort para el caso de estudio, la cual se redujo a 9,32 para la calificación A máxima, es decir; un ahorro de energía de hasta el 70%.

El ahorro paulatino logrado alcanza hasta un 70% con calificación A. Para la vivienda pareada en dos pisos de albañilería de 51,7 m², se redujo efectivamente el consumo total de energía de 348 kWh/m²año (caso base) hasta 139 kWh/m²año con la mejora 18, equivalente a un ahorro estimado de 209 kWh/m²año, solo 10 kWh/m²año menor al promedio de la zona térmica tres publicado por el MINVU.

Una vez efectuados los cambios de orientación al evaluarlos para cada mejoramiento, se cuantificó diferencias crecientes, a saber para el M-9¹⁷ de 2,93%, M-13 de 3,88%; M-14 de 4,8% y M-18 de 7%; todos los anteriores respecto de la orientación norte.

Una vez simulada la reducción en ventanas respecto a la orientación inicial norte, los resultados no fueron concluyentes en alcanzar ahorros de energía notorios incluso fueron contradictorios entre los diferentes mejoramientos.

Considerando los dos escenarios anteriormente propuestos, en términos de la mejora de la calificación del caso base, las variables orientación y disminución de área de ventanas no constituyeron una mejora relevante del producto.

De acuerdo al amplio abanico de soluciones técnicas involucrado en la evaluación económica y la pertinencia según el GSE al cual se enfoque el producto, los ahorros alcanzados de 70% no son suficientes, toda vez la inversión en calefacción de parte de los consumidores se verificó baja plantea el desafío constante de acercar el consumo real de las familias al ideal que se considera temperatura de confort.

Entendiendo que el programa CEV tiene pocos años de ejecución y es de carácter voluntario aún en Chile, la reducción de consumos, mayores metas de ahorro, y sustitución de energías contaminantes por energías renovables tienen una alta relevancia social, pero los logros no serán inmediatos; por ejemplo, para Europa significaron un proceso a la fecha de hoy cercano a 45 años, el cual aún no termina.

¹⁷ M-9, formato comprensivo para el mejoramiento n°9, al igual para los mejoramientos n°13, 14 y 18.

4. Análisis de los ahorros económicos según las progresivas mejoras para producto inmobiliario.

Para medir el impacto de los mejoramientos constructivos térmicos desde el producto inmobiliario, serán valoradas por la demanda si favorecen el ahorro económico, ya que el sujeto comprador deberá estar dispuesto a pagar un adicional por un producto de mejor desempeño energético, siempre y cuando este en conocimiento que el producto genera una diferencia económica a su favor.

Se buscará medir los beneficios económicos, lo cual significó caracterizarlo desde el punto socioeconómico, verificar la incidencia del ahorro de energía y luego cuantificar los ahorros económicos.

La incidencia de los precios de los diferentes energéticos llevó a construir un modelo económico de simulación por cada mejoramiento. En términos operativos con diferentes flujos de caja y luego efectuar el análisis económico por cada mejoramiento.

4.1. Caracterización socio-económica de la demanda asociado al producto de estudio.

El perfil socio-económico de la demanda permitió asociar el ingreso familiar al consumo de energético y cantidad de presupuesto que destinan las familias en calefacción para el segmento de estudio y verificar si satisface sus necesidades de confort una vez implementados los mejoramientos constructivos. La cuantificación de los ahorros económicos potenciales dependieron de la variación de precios de los energéticos, lo que se visualizó en los diferentes rangos de resultados del VAN y TIR que se desarrollarán en los acápite siguientes.

4.1.1 Relación ingreso y satisfacción de consumo.

Más allá de medir los consumos energéticos para obtener una calificación no constituye un antecedente suficiente para tomar una decisión de inversión, si no se ha efectuado una evaluación económica.

El alza que experimentan los precios de los energéticos está generando que un número cada vez mayor de personas de ingresos medios y bajos no puedan satisfacer sus necesidades de calefacción de forma plena debido al limitado gasto familiar. El Centro de Estudios Públicos informó el año 2014, que Chile tiene uno de los precios de energía más altos del mundo, lo que perjudica a las familias, siendo los sectores de menores recursos quienes gastan una mayor parte de los ingresos en abastecimiento eléctrico.

La dimensión económica y social del uso de energía se sustenta al observar la relación entre consumo de energía, porcentaje del gasto destinado por familia para satisfacer sus necesidades energéticas y la calidad constructiva térmica de la vivienda. Es en este contexto de incapacidad económica de las familias para pagar el combustible necesario para calefacción de sus viviendas, altos precios de energía y baja eficiencia energética de la vivienda es donde surge la pobreza energética y la importancia de la eficiencia en su uso (CEPAL, 2014).

Considerando el valor que tiene mejorar la calidad constructiva de las viviendas hacia la EE, y el aporte en ahorro de energía y económico potencial en la reducción del gasto para el segmento de estudio se reconoció importante evaluar si las medidas de mejoramiento propuestas para el caso base, reducen ese pago mensual.

Para tener como parámetro el pago se ocupará la definición más aceptada de pobreza de combustible:

Un hogar se encuentra en pobreza de combustible si gasta más del 10% de sus ingresos para tener la calefacción adecuada. (Boardman, 1991).

El valor de esta caracterización, radica en establecer un umbral específico en función del ingreso total de los hogares, permitiendo relacionar con un indicador económico los avances en desarrollo humano para el país en términos de metas de eficiencia de energía. (CEPAL, 2014).

Actualmente la propuesta del MINVU (a la fecha de redacción de esta tesis), promueve ahorros económicos basados en los ahorros de energía de manera prestacional.

EJEMPLO DE AHORROS ECONOMICOS PROPUESTOS POR EL MINVU.

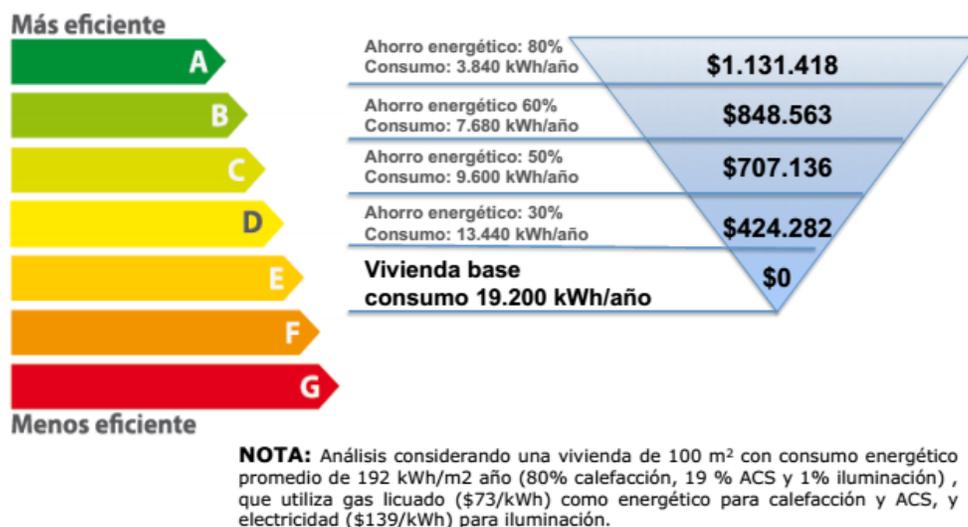


Figura 25. Ahorro anual por calificación. (MINVU-DITEC, 2013).

En la figura anterior, hay un análisis en el cual no se menciona la incidencia de la variable ingreso y gasto promedio en los cambios de resultados de la evaluación por grupo socio económico. Lo anterior es importante ya que desde el punto de vista inmobiliario, este factor determina

estrategias de soluciones por tipologías predominantes por segmento y régimen de operación de la vivienda específica.

Es relevante conocer cómo se compone esta relación porque es un factor desde el punto de vista del comprador para comparar si el ahorro económico por la disminución de consumo de un tipo energético se compensa con el incremento del nuevo precio de venta de la vivienda que incorporó mejoras constructivas térmicas, que buscaron reducir la demanda de energía, como se ha visto para esta tesis, principalmente en calefacción.

Si bien, para el promotor inmobiliario le es complejo anticipar el régimen real de operación de uso de tipos energéticos que le da el usuario, le será interesante conocer el balance entre ahorro e inversión para cada mejora constructiva térmica que desee proponer y promover los beneficios de ahorro que genere.

4.1.2 Relación consumo de energía en el presupuesto familiar.

La caracterización económica de la demanda de los productos inmobiliarios para la comuna, tiene su fundamento en 1) definir sus necesidades hacia la mejor definición de tipología, 2) lograr el balance económico de rentabilidad para el inversionista, 3) lograr competitividad de producto y precio para la zona, entre otros.

En el marco de esta tesis, la satisfacción de las necesidades de calefacción por parte de las familias fue fundamental. El presupuesto familiar dedicado al pago por energía se verá condicionado por el ingreso mensual percibido (cercano a \$875.892 para el segmento de estudio, pág. 74), por ello ayudo para este efecto la caracterización por presupuesto familiar a fin de detectar esas brechas.

En el estudio efectuado por SERNAC el año 2012, se entrevistó a jefes y jefas de hogar de 380 familias distribuidas en 34 comunas de Santiago. Se consideró una canasta tipo de rubros y servicios y sus resultados fueron desagregados por grupo socioeconómico. En la siguiente tabla se destacan los grupos que enmarcan la demanda para el producto inmobiliario específico en la comuna de Lampa.

GASTO EN SERVICIOS BASICOS PARA GSE MEDIO.

GSE Alto			GSE Medio			GSE Bajo		
Ranking	Item	% gasto	Ranking	Item	% gasto	Ranking	Item	% gasto
1	Vivienda	16,20%	1	Servicios básicos	15,20%	1	Servicios Básicos	18,90%
2	Educación	14,50%	2	Vivienda	13,40%	2	Alimentación	17,70%
3	Servicios básicos	12,10%	3	Alimentación	12,90%	3	Transporte	13,10%
4	Transporte	11,00%	4	Salud	11,10%	4	Telecomunicaciones	11,10%
5	Otros	10,70%	5	Telecomunicaciones	10,70%	5	Vivienda	8,60%
6	Telecomunicaciones	9,20%	6	Transporte	10,20%	6	Otros	7,60%
7	Alimentación	8,90%	7	Educación	7,60%	7	Vestuario y Calzado	6,70%
8	Salud	7,90%	8	Otros	7,60%	8	Aseo Personal y del Hogar	5,20%
9	Vestuario y calzado	3,60%	9	Vestuario y calzado	4,50%	9	Salud	4,60%
10	Recreación y cultura	2,50%	10	Aseo Personal y del hogar	3,70%	10	Educación	3,50%
11	Aseo Personal y del hogar	2,10%	11	Recreación y cultura	1,60%	11	Artículos de belleza	1,50%
12	Artículos de belleza	1,40%	12	Artículos de belleza	1,40%	12	Recreación y cultura	1,40%

Tabla 38. Presupuesto familiar desagregado por grupo socioeconómico. Fuente: (SERNAC, 2012)

Otro informe, en relación al presupuesto familiar destinado al gasto mensual promedio por hogar según quintil, concluyó que las familias de mayores recursos el consumo en gas y electricidad es cercano a 3% del gasto total mensual, mientras que en las familias de menores recursos este gasto representa el 7,4% de su presupuesto total. En cambio al cambiar los energéticos en las mismas familias de escasos recursos, por los de menor precio de la energía; el gasto en parafina, carbón y leña se reduce al 0,7% del gasto total (Centro de investigación social un Techo para Chile, 2013).

En el estudio “Radiografía al presupuesto familiar 2012” del SERNAC se señaló que los gastos en servicios básicos estuvieron concentrados en calefacción, electricidad y gas para todos los segmentos. El sector medio y alto gastan más en gas (31,7% y 31,03% respectivamente), mientras que el segmento bajo gasta solo en electricidad el 28% de su renta familiar.

SEGMENTO SOCIOECONÓMICO PARA DEMANDA DE PRODUCTO INMOBILIARIO DE ESTUDIO.

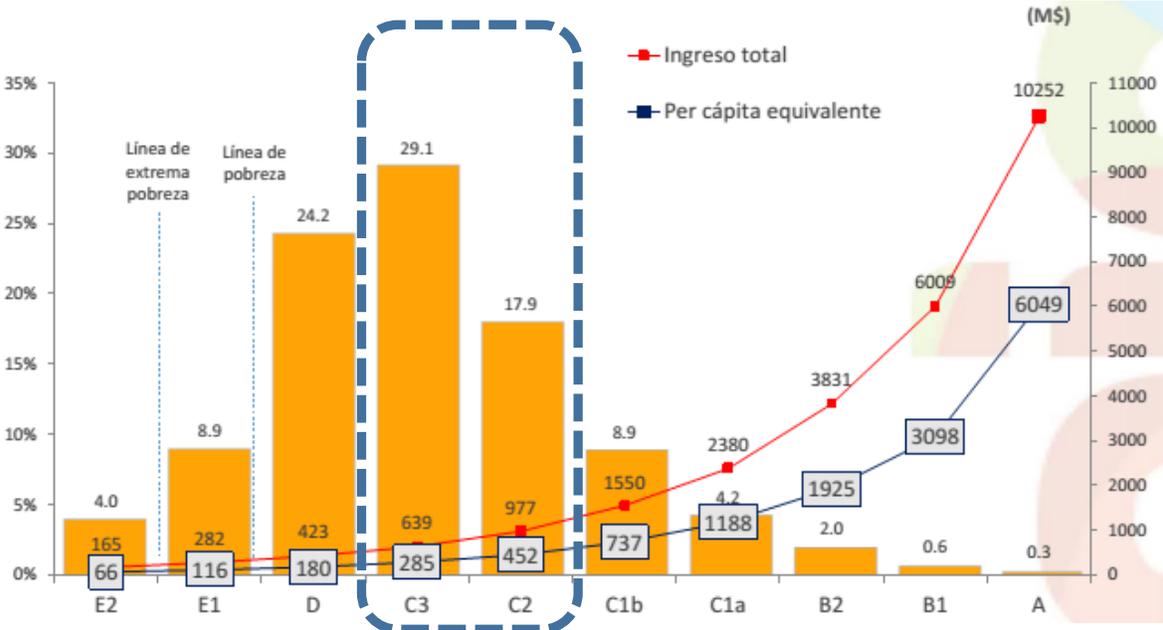


Gráfico 15. Sueldo promedio para vivienda pareada de estudio en la comuna de Padre Hurtado asociada a grupo socio económico. Fuente: Asociación de investigadores de mercado, 2015.

Desglosando el segmento vivienda, se puede decir que en promedio el 31,25% del presupuesto se destina al concepto de dividendo y un 35,52% al concepto de arriendo.

El impacto de los costos constructivos de los mejoramientos constructivos térmicos al producto inmobiliario, tiene estrecha relación al segmento de demanda al cual se enfoca. Si bien, el caso base de estudio se ubica en un GSE por sobre la línea de la pobreza, cabe la duda si estas medidas son consistentes en confirmar si la calificación energética lograda hace que el caso base este por sobre también de la línea de pobreza energética, de un gasto menor a 10% de los ingresos familiares totales.

En la siguiente tabla, se destaca el porcentaje estimado a considerar para el gasto en calefacción para el GSE C3.

PRESUPUESTO FAMILIAR EN CALEFACCIÓN PARA SEGMENTO DE DEMANDA C2-C3 PARA PRODUCTO INMOBILIARIO DE ESTUDIO.

Gastos en servicios básicos				
GRUPO SOCIOECONOMICO	AGUA	ELECTRICIDAD	GAS	CALEFACCION
ALTO (AB,C1)	17,45%	24,96%	31,03%	26,56%
MEDIO (C2,C3)	18,40%	25,82%	31,74%	24,04%
BAJO (D,E)	18,92%	28,00%	27,20%	25,89%
TOTAL	18,09%	25,96%	30,30%	25,64%

Tabla 39. Porcentaje de ingreso familiar por grupo socio económico destinado a calefacción.
Fuente: Encuesta Presupuesto familiar desagregado por grupo socioeconómico, SERNAC, 2012.

Ocupando la tabla anterior como referencia para el cálculo de gasto estimado para calefacción por grupo socio económico, se observó una incidencia mayor del gasto en calefacción sobre el ingreso familiar en el GSE E cercano al 5% de los ingresos totales.

La diferencia entre el GSE alto y medio fue 5,2 veces, el grupo socioeconómico GSE C2-C3 y GSE D fue cercano a 1,4 veces y entre GSE D y E fue 1,9 veces aproximadamente. Esto indica que la progresiva disminución del gasto impacta negativamente en el confort y potencial de ahorro en la medida que se reducen los ingresos familiares.

Tomando como base un ingreso promedio de \$423 mil, para el segmento bajo (D-E) el consumo equivalente es a \$20.698; para el segmento medio C2-C3 un ingreso promedio de \$875.892 equivalente a \$32.006 y para el GSE una renta familiar de \$1.550.000 promedio equivalente a \$49.813 en consumo de calefacción, se analizó por tipo energético; para efectivamente evaluar si se genera un ahorro económico por las mejoras constructivas térmicas.

Se reconoce que el ejercicio anterior es solo indicativo para el caso de estudio, ya que solo el monitoreo periódico a una muestra representativa entregaría certezas para ampliar los resultados desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, a fin de introducir la temática del consumo y medición de confort y habitabilidad por la introducción de mejoras constructivas térmicas fue necesario efectuar el análisis.

A continuación se coloca en contexto los cuatro mejoramientos constructivos con su respectiva letra de calificación, para evidenciar los progresivos avances hacia la reducción del consumo bajo situación de confort:

RELACIÓN CONSUMO EN CALEFACCIÓN SEGÚN EL CONFORT TERMICO V/S CONSUMO REAL FAMILIAR POR SEGMENTO SOCIOECONOMICO APLICADO POR MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO.

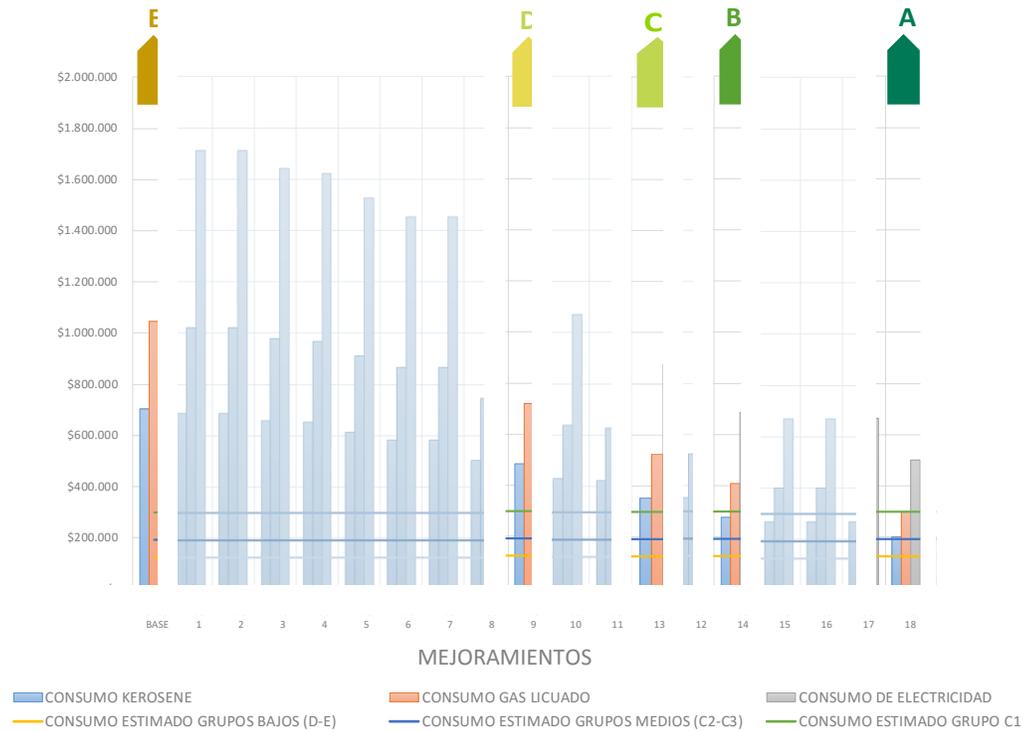


Gráfico 16. Brecha económica entre gasto teórico en situación de confort térmico y gasto real en calefacción. Fuente: Elaboración propia a base de simulación energética y cifras de Encuesta: Radiografía al Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.

No se perciben los ahorros económicos por concepto de disminución del consumo teórico, en la economía familiar debido al bajo presupuesto en calefacción. Solo el GSE-C1, logra temperaturas de confort, solo ocupando el energético más contaminante, que corresponde a la parafina el más barato una vez que se implementó la mejora 18.

Considerando que una baja sustantiva de los energéticos es muy poco probable para estimular un aumento de consumo de energía, una alternativa sería aumentar las exigencias normativas que apunten a la reducción de la transmitancia térmica para la zona, lo cual significaría, no solo mejorar los estándares técnicos sino también en el control y correcta aplicación.

A fin de ilustrar lo anterior en el contexto de los progresivos mejoramientos, se elevó la exigencia de transmitancia térmica con los parámetros de la zona térmica 7 para la mejora n°19 (ver pág. 79), y se efectuó una última simulación ocupando valores de transmitancia en discusión en Europa (ver anexo E) correspondiente al mejoramiento n°20, gráfico que se muestra a continuación:

BRECHA ECONOMICA ENTRE CONSUMO REAL FAMILIAR ESTIMADO Y CONSUMO BAJO SITUACIÓN DE CONFORT TÉRMICO

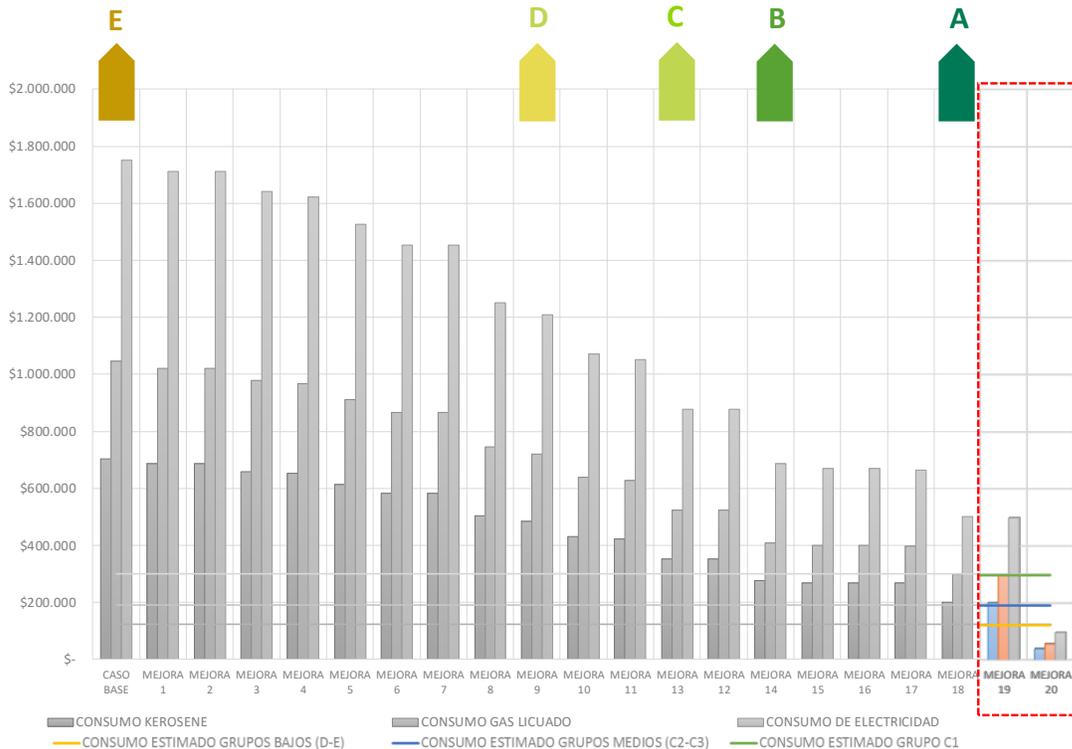


Gráfico 17. Brecha económica entre consumo real y disminución de consumos teóricos al aplicar progresivas mejoras constructivas térmicas. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta (CEV) y datos de Encuesta: Radiografía al Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.

En general, ningún estrato socioeconómico según este análisis alcanzó el consumo de confort con el energético menos contaminante, solo en la mejora n°18 se logró el consumo de energía óptimo para el confort térmico únicamente consumiendo parafina solo en el GSE C1. Al añadir más exigencias en términos de disminución de transmitancias para la mejora n°19 el GSE pudo satisfacer sus necesidades energéticas con gas licuado, y únicamente con la mejora que ocupa estándares más elevados de transmitancias e incorporando un sistema de calefacción con mayor rendimiento (mejora n°20), el GSE C2-C3 de estudio alcanza un consumo de energía suficiente para alcanzar el confort térmico.

Para estimar la relevancia de los ahorros energéticos alcanzados por cada mejora, se consideró útil compararlos con el consumo real de energía estimado. Para ello se analizaron los resultados de la VII Encuesta de Presupuestos Familiares del INE (septiembre 2013), la que midió cual es el gasto familiar en calefacción.

Este porcentaje de dinero de gasto en calefacción se llevó a un equivalente en kWh/año para evaluar si el ahorro de energía impacta de manera concreta en la economía familiar. Se constató que las mejoras constructivas reducen la brecha entre consumo de energía sin confort a un ideal de consumo de confort, pero que no es suficiente para generar un ahorro económico.

Se efectuó el cálculo de dinero que se destina a calefacción tomando como base los (%)¹⁸ para GSE C2-C3 resumidos en la siguiente tabla:

CALCULO DE GASTO EN CALEFACCIÓN PARA GSE C2-C3

RENTA FAMILIAR ESTIMADA	SERVICIOS BASICOS	SERVICIOS BASICOS (\$)	GASTO (%) CALEFACCION	GASTO (\$) CALEFACCION
\$ 875.892	15%	\$ 133.136	24%	\$ 32.006

Tabla 40. Fuente: elaboración propia a partir de (%) de gastos de la encuesta: Radiografía al Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.

Se consideró que la temporada de frío para la zona de Lampa fue seis meses, el gasto en calefacción sin situación de confort es equivalente a \$192.035 para la vivienda del caso base sin implementar ninguna mejora constructiva térmica. En una proyección de porcentaje de la renta familiar que se destina a calefacción ocupando gas licuado buscando condición de confort, lo que se destina por temporada equivale al 18,38% del presupuesto total necesario para calefacción.

En la siguiente tabla se estableció el paralelo entre el gasto familiar en calefacción para el GSE del modelo y el gasto equivalente por energético, se constató la eficacia de las mejoras al producto inmobiliario en reducir la brecha económica. (ver tabla n°35)

GASTO FAMILIAR EQUIVALENTE POR ENERGETICO V/S GASTO BAJO IDEAL DE CONFORT TERMICO.

MEJORA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año	AHORRO kWh/año	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO KEROSENE	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO GAS LICUADO	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO ELECTRICIDAD	GASTO SIN SITUACION DE CONFORT
CASO BASE	12511	12697	186	\$ 703.598	\$ 1.044.695	\$ 1.751.576	\$ 192.035
MEJORA 1	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 192.035
MEJORA 2	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 192.035
MEJORA 3	11730	12697	967	\$ 659.643	\$ 979.431	\$ 1.642.152	\$ 192.035
MEJORA 4	11584	12697	1113	\$ 651.470	\$ 967.295	\$ 1.621.804	\$ 192.035
MEJORA 5	10903	12697	1794	\$ 613.148	\$ 910.395	\$ 1.526.404	\$ 192.035
MEJORA 6	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 192.035
MEJORA 7	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 192.035
MEJORA 8	8944	12697	3753	\$ 502.968	\$ 746.801	\$ 1.252.116	\$ 192.035
MEJORA 9	8630	12697	4067	\$ 485.342	\$ 720.630	\$ 1.208.236	\$ 192.035
MEJORA 10	7660	12697	5037	\$ 430.771	\$ 639.603	\$ 1.072.384	\$ 192.035
MEJORA 11	7516	12697	5181	\$ 422.677	\$ 627.586	\$ 1.052.235	\$ 192.035
MEJORA 13	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 192.035
MEJORA 12	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 192.035
MEJORA 14	4895	12697	7802	\$ 275.307	\$ 408.772	\$ 685.363	\$ 192.035
MEJORA 15	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 192.035
MEJORA 16	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 192.035
MEJORA 17	4741	12697	7956	\$ 266.619	\$ 395.872	\$ 663.735	\$ 192.035
MEJORA 18	3571	12697	9126	\$ 200.842	\$ 298.207	\$ 499.986	\$ 192.035
MEJORA 19	3566	13507	9941	\$ 200.542	\$ 297.763	\$ 499.241	\$ 192.035
MEJORA 20	693	15046	14353	\$ 38.972	\$ 57.866	\$ 97.020	\$ 192.035

Tabla 41. Brecha económica entre consumo real estimado y consumo teórico en régimen de confort por energético. Fuente: elaboración propia en base a simulación herramienta CEV y datos de encuesta de Presupuesto familiar 2012 del SERNAC.

¹⁸ Estos porcentajes de la renta familiar fueron extraídos de la encuesta “Radiografía al Presupuesto Familiar 2012” del SERNAC.

Bajando el consumo de calefacción aplicando la mejora 9, estimando 6 meses de calefacción en Santiago (abril a septiembre, fue equivalente a \$720.630), ocupando gas licuado, el gasto cubierto para alcanzar la temperatura de confort es el 26,64%.

Disminuyendo el consumo de calefacción aplicando la mejora 13, en las mismas condiciones anteriores, el gasto cubierto mensual equivale al 36,70%, la mejora 14 fue 46,97%, y la mejora 18 fue 64,39%

Estos resultados colocan en evidencia una condición de pobreza energética para el grupo socioeconómico C2 y C3 para la tipología de estudio, ya que efectuados los mejoramientos en ningún caso se alcanzó a cubrir con el actual presupuesto familiar toda la necesidad de calefacción. Solo colocando en perspectiva una exigencia más elevada de transmitancia y presencia en todos los hogares de un sistema eficiente de calefacción, el actual presupuesto familiar cubre las necesidades completas de calefacción (Ejemplo mejora n°20, tabla n°40; pág. 100).

Evaluando el presupuesto óptimo de gasto bajo situación de confort ocupando gas licuado para cada mejoramiento, y contrastándolo con el dinero que destinan las familias, los resultados son los siguientes:

REDUCCIÓN DEL GASTO IDEAL EN (%) BAJO SITUACIÓN DE CONFORT PARA GSE C2-C3

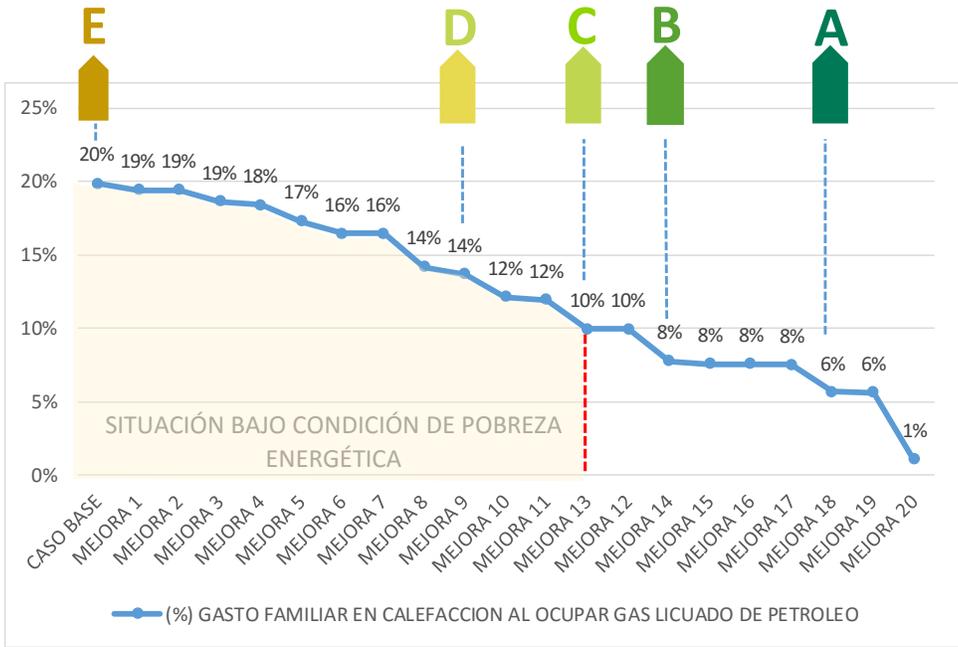


Gráfico 18. Fuente: Elaboración propia en base a herramienta CEV y datos de encuesta “Radiografía al Presupuesto Familiar, 2012” del SERNAC.

Con la actual renta familiar de \$875.892 para el segmento de estudio, se hace necesario pasar del caso base de calificación E a una calificación C para estar bajo el umbral de pobreza energética.

Una vez implementada la mejora 13 en adelante el gasto equivalente mensual para alcanzar una temperatura de confort interior baja del 10% del total del ingreso, pero aún está por sobre lo que se gasta en una familia promedio del segmento ocupando como energético el gas licuado.

Efectuada la transformación del energético a gasto bajo situación de confort, se valida el programa de la CEV como instrumento para visualizar los avances en acortar la brecha entre gasto familiar promedio para la zona térmica.

La viabilidad del programa de calificación energética pasa por considerar, no sólo entregar información relevante en cuanto a ahorros económicos teóricos en relación a la demanda, sino que entregar estos ahorros económicos de cada mejora constructiva térmica lo más cercano al perfil de gasto promedio de las familias para la tipología de vivienda de estudio por segmento socioeconómico.

4.2. Ahorro económico de medidas propuestas para principales energéticos.

Para poder realizar la evaluación económica fue necesario, en este caso de estudio, primero conocer el alza de los energéticos a comparar. Para efectuar la estimación se consideraron diferentes escenarios de aumento de los costos de energía. Las variaciones están basadas en estimaciones de algunos de los economistas más importantes a nivel mundial¹⁹ en el caso del petróleo, los cuales tienden a identificar el precio a mediano plazo. En todo caso, aunque se trate de la opinión de los mayores expertos internacionales, siguen siendo sólo estimaciones.

La proyección del IPOM²⁰ del banco Central (Chile) estima el barril de WTI en 54 dólares hacia el año 2018 y no a largo plazo, para efectos de estimación de precio futuro se ocupó la proyección que entrega el último informe vigente *World Oil Outlook* de la Organización de países exportadores de crudo, conocida por las siglas en inglés OPEC, del año 2015, la que hace una estimación más a largo plazo; estima que el barril de crudo para el año 2020 bordeará los 70,7 dólares el barril se expone en la siguiente tabla:

PROYECCIÓN DE INCREMENTO DE WTI PROMEDIO PROXIMOS 20 AÑOS.

COTIZACION		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
WTI	43,85	50,6	57,3	64,0	70,7	77,4	84,1	90,8	97,6	104,3	111,0	117,7	124,4	131,1	137,8	144,5	151,3	158,0	164,7	171,4	178,1	184,8
BARRIL		13%	12%	10%	9%	9%	8%	7%	7%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
PROMEDIO		6,58%																				

Tabla 42. Precio estimado de crudo WTI a mediano plazo. Fuente: Elaboración propia a partir de informe *World Oil Outlook* de la OPEC año 2015.

¹⁹ *World Oil Outlook* dependiente de la OPEC. (Organización de productores y exportadores de crudo)

²⁰ IPOM, Informe de política monetaria del banco Central. Nota de prensa: 07.09.16, extraído de internet 21.09.16 del sitio: bcentral.cl

El promedio de incremento en el barril de petróleo es cercano a 6,58%, el cual afecta a productos como gas licuado de petróleo y parafina. Este promedio se ocupará para estimar el alza de estos energéticos.

En relación a la electricidad, mucho se ha hablado sobre la licitación en el sector, donde se alcanzaron nuevos mínimos y cuyos resultados han puesto presión sobre las acciones. Rodrigo Castillo, director ejecutivo de la Asociación de Empresas Eléctricas, explica que el compromiso del Gobierno “fue el colaborar en revertir la tendencia alcista en el precio de los contratos licitados, logrando una rebaja del 25% desde los casi US\$130 logrados en la última licitación de la administración anterior”.²¹

Otra fuente señala Castillo, en tanto, advierte que “es muy importante señalar que, a pesar de revertirse la tendencia alcista en el precio de los contratos licitados, como estos se promedian con todos los demás contratos, este efecto positivo solo implica el que no habrá en los años próximos alzas de hasta el 40% en los costos de energía, pero por desgracia las tarifas sí seguirán al alza”.

Aun cuando los especialistas del área son más cautos en el tema, Francisco Aguirre, director de Electroconsultores, advierte que hoy tenemos una buena etapa que es transitoria de bajos precios por efecto de los costos menores de combustibles como carbón y diésel, pero en el largo plazo no se espera que ello sea perdurable.²²

La misma fuente señaló que los procesos licitados históricamente dependen en su mayor proporción de indexaciones con IPC (Índice de Precio al Consumidor), lo que implica que los precios finales tienen tendencia a un alza altamente influenciada por aproximadamente un 2,5% anual.

4.2.1 Aumento de precio de energéticos para calefacción.

Una vez determinadas la demanda de energía y el consumo de la vivienda de estudio, se evaluó comparativamente los tres tipos energéticos principales para Santiago. El precio venta de estos energéticos estaba en diversas unidades de medida, por lo que se debió efectuar la transformación de una unidad, trabajando en kWh. El costo de la energía es el siguiente:

COSTO UNITARIO DE ENERGÉTICOS EN LAMPA.

ZONAS TÉRMICA	TIPO ENERGÉTICO	UNIDAD	PRECIO BRUTO ENERGÉTICO	PODER CALORÍFICO	UNIDAD	COSTO UNITARIO \$/kWh
Zona 3	ELECTRICIDAD	\$/kWh	140	1	kWh/kWh	140
Zona 3	GAS LICUADO	\$/kg	1083	12,97	kWh/kg	84
Zona 3	KEROSENE	\$/lt	550	9,78	kWh/litro	56

Tabla 43. Costo de la energía para los tres energéticos principales para Lampa.

Estos precios son sólo referenciales y válidos para mayo del 2016. Se obtiene el costo de la energía basto al dividir el precio del energético por el poder calorífico. Esto se efectuó cotizando los

²¹ Nota de prensa <http://www.chilesustentable.net/el-efecto-de-las-ernc-sobre-los-precios-de-la-energia/>
Extraído el 21.09.16.

²² Fuente: <http://www.revistaei.cl/reportajes/licitaciones-marzo-2015-proyectan-nuevas-bajas-en-precios-de-suministro-electrico/>

precios de los combustibles y la electricidad, consultando las tarifas publicadas. Lo anterior se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Costo energía (Precio por kWh)} = \frac{\text{Precio del combustible}}{\text{Poder calorífico del combustible}}$$

En esta tesis se asume lo imposible de manejar a futuro los precios de los energéticos. Sin embargo, se cree que estos deben reflejar los costos ambientales de la energía.

4.3. Ahorro económico de medidas propuestas según tres horizontes de retorno de inversión: 10, 15 y 20 años.

Fundamental para la estimación de rentabilidad al implementar mejoramientos constructivos térmicos, fue determinar el consumo estimado de energía y el ahorro [kWh/año] para ser traducido como ingresos periódicos en la evaluación económica.

Una vez efectuadas las simulaciones con la herramienta de la CEV, se extrajeron los resultados que relacionados a los consumos anuales [kWh/año] al caso completo, se muestra el ahorro de energía estimado por cada mejora constructiva térmica, destacando las seleccionadas: caso base, M-9, M-13, M-14 y M-18 con su correspondiente calificación. Los ahorros por cada mejoramiento fueron indispensables para la construcción de escenarios económicos en base a la multiplicación del precio de la energía por los ahorros para este caso de estudio por períodos anuales. Ahorros de energía que se destaca en la siguiente tabla:

AHORRO DE ENERGÍA PARA CADA MEJORAMIENTO CONSTRUCTIVO TÉRMICO

MEJORA CONSTRUCTIVA TERMICA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año	AHORRO kWh/año	CALIFICACION ARQUITECTURA	CALIFICACION ARQUITECTURA MAS EQUIPOS
CASO BASE	12511	12697	186	E	E
MEJORA 1	12219	12697	478	E	E
MEJORA 2	12219	12697	478	E	E
MEJORA 3	11730	12697	967	E	E
MEJORA 4	11584	12697	1113	E	E
MEJORA 5	10903	12697	1794	E	E
MEJORA 6	10377	12697	2320	D	D
MEJORA 7	10377	12697	2320	D	E
MEJORA 8	8944	12697	3753	D	D
MEJORA 9	8630	12697	4067	D	D
MEJORA 10	7660	12697	5037	C	D
MEJORA 11	7516	12697	5181	C	D
MEJORA 12	6266	12697	6431	C	D
MEJORA 13	6253	12697	6444	C	C
MEJORA 14	4895	12697	7802	B	C
MEJORA 15	4780	12697	7917	A	C
MEJORA 16	4780	12697	7917	A	C
MEJORA 17	4741	12697	7956	A	C
MEJORA 18	3571	12697	9126	A	B

Tabla 44. Ahorros de energía alcanzados para cada mejora constructiva térmica. Fuente: elaboración propia a partir de herramienta CEV para una vivienda pareada de 51,7 m² en zona térmica tres.

Se comprobó que realizando mejoramientos pasivos interviniendo la envolvente completa se logró alcanzar la calificación superior A e incluso calificación B en lo que tuvo que ver con

arquitectura+equipos+tipo de energía en ausencia de sistemas de calefacción u otro de energías renovables estableciendo la relevancia y prioridad de intervención en la envolvente de la vivienda.

Las soluciones constructivas elegidas que presentaron mayor ahorro de energía por ascenso de calificación se presentan en el siguiente gráfico:

ELECCION DE MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS TERMICOS PARA CUANTIFICAR (\$) LOS AHORROS



Gráfico 19. Fuente: elaboración propia a partir de herramienta CEV para una vivienda pareada de 51,7 m² en zona térmica tres.

La progresión de los ahorros no fue constante entre una calificación a otra, dado el amplio rango de soluciones constructivas existentes. Los progresos más notorios fueron entre las calificaciones E y C, en contraste con el ahorro por pasar de calificación B a la superior A al otro extremo del gráfico. En general, se observa que hay un importante crecimiento de los ahorros que se pueden suscitar, dado que con la máxima calificación A sólo alcanza el 70% de ahorro.

Por otro lado desde el punto de vista técnico al subir las exigencias en la reglamentación térmica actual, al efectuar la reducción de la transmitancia para la zona térmica tres en muros en un 44% implicaría subir la calificación base en una letra.

Los ahorros seleccionados asociados a los mejoramientos constructivos, son ideales en base a los resultados de evaluación que entrega la herramienta CEV como un óptimo de ocupación de calefacción bajo régimen anual, lo que se reconoce como un ejercicio teórico acotado pero necesario para definir los escenarios de análisis.

En términos de construcción de escenario estos se elaboraron para el análisis de los flujos de cajas y revisión de resultados económicos en rangos expresados en años, pero de manera separada efectuando la distinción de origen entre los energéticos.

Para los de origen fósil como el gas licuado y parafina, se propuso tres escenarios: uno de precios actuales, otro de alza intermedia de 3% y otro de 6,58% promedio de alza probable. Este último consideró la proyección alcista.

Para la electricidad, se siguió el análisis de los expertos en la materia, un escenario a la baja intermedio y uno alza promedio equivalente al: 5%, 1% y 2,5% promedio anual respectivamente.

Dado el carácter exploratorio de esta tesis, se planteó tres horizontes de evaluación 10, 15 y 20 años (tablas n°45, 46 y 47), lo cual derivó en un análisis particular por energético, a fin de catalogar los resultados y analizar la relevancia de la conveniencia de extender la vida útil de los proyectos.

A continuación, se presentan las tablas de los ahorros económicos por cada energético de estudio y horizonte máximo de evaluación a 20 años, considerando tres escenarios de precios por cada energético y cada mejoramiento constructivo térmico:

MEJORAMIENTO 9		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		KEROSENE DOMÉSTICO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566	\$ 235.566
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754	\$ 243.754

MEJORAMIENTO 13		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		KEROSENE DOMÉSTICO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498	\$ 372.498
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648	\$ 361.648
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445	\$ 385.445

MEJORAMIENTO 14		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		KEROSENE DOMÉSTICO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902	\$ 451.902
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740	\$ 438.740
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609	\$ 467.609

MEJORAMIENTO 18		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		KEROSENE DOMÉSTICO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601	\$ 528.601
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205	\$ 513.205
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974	\$ 546.974

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 20 AÑOS			
	KEROSENE	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 10.572.024	\$ 9.038.046	\$ 7.449.951	\$ 4.711.323
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 10.264.101	\$ 8.774.802	\$ 7.232.962	\$ 4.574.100
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 10.939.479	\$ 9.352.184	\$ 7.708.891	\$ 4.875.076

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 15 AÑOS			
	KEROSENE	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 7.929.018	\$ 6.778.535	\$ 5.587.463	\$ 3.533.492
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 7.698.076	\$ 6.581.102	\$ 5.424.721	\$ 3.430.575
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 8.204.609	\$ 7.014.138	\$ 5.781.668	\$ 3.656.307

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 10 AÑOS			
	KEROSENE	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 5.286.012	\$ 4.519.023	\$ 3.724.975	\$ 2.355.662
ESCENARIO 2 PRECIOS ACTUAL	0%	\$ 5.132.050	\$ 4.387.401	\$ 3.616.481	\$ 2.287.050
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 5.469.739	\$ 4.676.092	\$ 3.854.445	\$ 2.437.538

Tabla 45. Proyección de ingresos económicos por concepto de ahorro de energía ocupando parafina

MEJORAMIENTO 9		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		GAS LICUADO																			
		Zona 3	Buln																		
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766	\$ 349.766
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579	\$ 339.579
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923	\$ 361.923

MEJORAMIENTO 13		ESCENARIOS DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES																			
		GAS LICUADO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080	\$ 553.080
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971	\$ 536.971
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304	\$ 572.304

MEJORAMIENTO 14		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		GAS LICUADO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979	\$ 670.979
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436	\$ 651.436
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301	\$ 694.301

MEJORAMIENTO 18		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		GAS LICUADO																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861	\$ 784.861
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001	\$ 762.001
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141	\$ 812.141

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 20 AÑOS				
		GAS LICUADO	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 15.697.221	\$ 13.419.589	\$ 11.061.603	\$ 6.995.319	
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 15.240.021	\$ 13.028.727	\$ 10.739.420	\$ 6.791.572	
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 16.242.814	\$ 13.886.017	\$ 11.446.074	\$ 7.238.457	

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 15 AÑOS				
		GAS LICUADO	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 11.772.916	\$ 10.064.691	\$ 8.296.202	\$ 5.246.489	
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 11.430.016	\$ 9.771.545	\$ 8.054.565	\$ 5.093.679	
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 12.182.111	\$ 10.414.513	\$ 8.584.555	\$ 5.428.843	

		AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 10 AÑOS				
		GAS LICUADO	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9
ESCENARIO 1 ALZA INTERMEDIA	3%	\$ 7.848.611	\$ 6.709.794	\$ 5.530.801	\$ 3.497.660	
ESCENARIO 2 PRECIO ACTUAL	0%	\$ 7.620.010	\$ 6.514.363	\$ 5.369.710	\$ 3.395.786	
ESCENARIO 3 PROBABLE	6,58%	\$ 8.121.407	\$ 6.943.008	\$ 5.723.037	\$ 3.619.229	

Tabla 46. Proyección de ingresos economicos por concepto de ahorro de energía ocupando gas licuado

MEJORAMIENTO 9		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		ELECTRICIDAD																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883	\$ 540.883
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,9%	\$ 585.862	\$ 602.852	\$ 620.335	\$ 638.324	\$ 656.836	\$ 675.884	\$ 695.485	\$ 715.654	\$ 736.408	\$ 757.763	\$ 779.739	\$ 802.351	\$ 825.619	\$ 849.562	\$ 874.199	\$ 899.551	\$ 925.638	\$ 952.482	\$ 980.104	#####
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 575.044	\$ 580.795	\$ 586.603	\$ 592.469	\$ 598.393	\$ 604.377	\$ 610.421	\$ 616.525	\$ 622.690	\$ 628.917	\$ 635.207	\$ 641.559	\$ 647.974	\$ 654.454	\$ 660.999	\$ 667.608	\$ 674.285	\$ 681.027	\$ 687.838	\$ 694.716

MEJORAMIENTO 13		ESCENARIOS DE PRECIOS POR ENERGETICOS																			
		ELECTRICIDAD																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291	\$ 855.291
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,9%	\$ 926.415	\$ 953.281	\$ 980.927	\$ 1.009.373	\$ 1.038.645	\$ 1.068.766	\$ 1.099.760	\$ 1.131.653	\$ 1.164.471	\$ 1.198.241	\$ 1.232.990	\$ 1.268.747	\$ 1.305.540	\$ 1.343.401	\$ 1.382.360	\$ 1.422.448	\$ 1.463.699	\$ 1.506.146	\$ 1.549.824	\$ 1.594.769
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 909.310	\$ 918.403	\$ 927.587	\$ 936.863	\$ 946.231	\$ 955.693	\$ 965.250	\$ 974.903	\$ 984.652	\$ 994.498	\$ 1.004.443	\$ 1.014.488	\$ 1.024.633	\$ 1.034.879	\$ 1.045.228	\$ 1.055.680	\$ 1.066.237	\$ 1.076.899	\$ 1.087.668	\$ 1.098.545

MEJORAMIENTO 14		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		ELECTRICIDAD																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612	\$ 1.037.612
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,5%	\$ 1.119.529	\$ 1.147.517	\$ 1.176.205	\$ 1.205.610	\$ 1.235.751	\$ 1.266.644	\$ 1.298.311	\$ 1.330.768	\$ 1.364.038	\$ 1.398.138	\$ 1.433.092	\$ 1.468.919	\$ 1.505.642	\$ 1.543.283	\$ 1.581.865	\$ 1.621.412	\$ 1.661.947	\$ 1.703.496	\$ 1.746.083	\$ 1.789.735
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 1.103.146	\$ 1.114.177	\$ 1.125.319	\$ 1.136.572	\$ 1.147.938	\$ 1.159.417	\$ 1.171.011	\$ 1.182.722	\$ 1.194.549	\$ 1.206.494	\$ 1.218.559	\$ 1.230.745	\$ 1.243.052	\$ 1.255.483	\$ 1.268.038	\$ 1.280.718	\$ 1.293.525	\$ 1.306.460	\$ 1.319.525	\$ 1.332.720

MEJORAMIENTO 18		ESCENARIOS DE AHORRO ECONOMICO POR ENERGETICOS																			
		ELECTRICIDAD																			
		Zona 3																			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721	\$ 1.213.721
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,5%	\$ 1.309.541	\$ 1.342.279	\$ 1.375.836	\$ 1.410.232	\$ 1.445.488	\$ 1.481.625	\$ 1.518.666	\$ 1.556.632	\$ 1.595.548	\$ 1.635.437	\$ 1.676.323	\$ 1.718.231	\$ 1.761.187	\$ 1.805.216	\$ 1.850.347	\$ 1.896.605	\$ 1.944.020	\$ 1.992.621	\$ 2.042.436	\$ 2.093.497
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 1.290.377	\$ 1.303.280	\$ 1.316.313	\$ 1.329.476	\$ 1.342.771	\$ 1.356.199	\$ 1.369.761	\$ 1.383.458	\$ 1.397.293	\$ 1.411.266	\$ 1.425.379	\$ 1.439.632	\$ 1.454.029	\$ 1.468.569	\$ 1.483.255	\$ 1.498.087	\$ 1.513.068	\$ 1.528.199	\$ 1.543.481	\$ 1.558.916

X

AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 20 AÑOS					
ELECTRICIDAD	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9	
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 24.274.412	\$ 20.752.247	\$ 17.105.824	\$ 10.817.664
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,5%	\$ 33.451.767	\$ 28.597.988	\$ 24.641.458	\$ 15.583.173
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 28.412.808	\$ 24.290.171	\$ 20.022.091	\$ 12.661.901

AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 15 AÑOS					
ELECTRICIDAD	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9	
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 18.205.809	\$ 15.564.186	\$ 12.829.368	\$ 8.113.248
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,5%	\$ 23.482.587	\$ 20.075.314	\$ 17.104.571	\$ 10.816.871
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 20.771.058	\$ 17.757.222	\$ 14.637.061	\$ 9.256.427

AHORRO ECONOMICO HORIZONTE DE INVERSION A 10 AÑOS					
ELECTRICIDAD	MEJORA 18	MEJORA 14	MEJORA 13	MEJORA 9	
ESCENARIO 1 A LA BAJA	5%	\$ 12.137.206	\$ 6.709.794	\$ 8.552.912	\$ 5.408.832
ESCENARIO 2 ALZA PROBABLE	2,5%	\$ 14.671.284	\$ 6.514.363	\$ 10.571.534	\$ 6.685.401
ESCENARIO 3 ALZA INTERMEDIA	1,00%	\$ 13.500.195	\$ 6.943.008	\$ 9.513.390	\$ 6.016.235

Tabla 47. Proyección de ingresos económicos por concepto de ahorro de energía ocupando electricidad.

Los ahorros económicos por horizontes de evaluación, en general aumentan de manera proporcional condicionados por la vida útil del proyecto. Los ahorros, que se consideraron como ingresos en el proyecto se estimaron constantes en un régimen óptimo de operación de la vivienda que se repitieron por cada periodo anual, sin considerar la tasa de rendimiento del capital exigida por el inversionista o usuario.

Tomando como ejemplo el mejoramiento n°9, para una evaluación a 10 años, bajo el escenario 2 de precios actuales, la suma de ingresos totales del periodo ocupando parafina, gas licuado y electricidad fueron: \$2.287.059, \$3.395.786 y \$6.685.401 respectivamente. La diferencia porcentual de ingresos entre los dos primeros energéticos fue de 32%, comparando gas licuado y electricidad esa diferencia fue 49% y luego aumento a 65% comparando parafina con electricidad.

Al extender el horizonte de evaluación a 15 años, la diferencia porcentual entre parafina y gas licuado fue de 32%, comparando gas licuado y electricidad esa diferencia fue 52% y comparando parafina con electricidad esta fue un 68% de ingresos.

Finalmente evaluando el proyecto a 20 años, la diferencia porcentual entre parafina y gas licuado fue de 32%, comparando gas licuado y electricidad esa diferencia aumento a 56% y comparando parafina con electricidad esta se elevó a 70% de diferencia en los ingresos. La diferencia que se da cuando se comparan los energéticos en función de la electricidad, radica que se consideró el escenario 2 probable de alza de 2,5%, consolidando un alza proporcional cuando se alternan de manera creciente los horizontes de evaluación.

Para los otros mejoramientos 13, 14 y 18; al comparar energéticos entre si bajo mismos escenarios se mantienen las relaciones porcentuales. Lo que indica que la vida útil del proyecto y el precio del energético marcan diferencias de hasta 68% de diferencias por ingresos. Estos ingresos por ahorro económico, se analizarán bajo una tasa de descuento del capital en el siguiente acápite.

4.4. Análisis de la rentabilidad por sobre la inversión en las mejoras de las medidas propuestas. (TIR-VAN)

4.4.1 Criterios de evaluación de alternativas e inversión económica.

Todo estudio de viabilidad económica de inversiones compara distintos escenarios, no solo en el presente sino también en su posible desarrollo futuro, para establecer qué inversión es la más conveniente. En el escenario inicial se evaluó aquellas mejoras constructivas térmicas en base a consumo por energético.

Si se considera una vida útil de la vivienda entre 30 y 50 años, para efectos de esta tesis se definieron tres posibles horizontes de retorno de inversión (20, 15 y 10 años) considerando que una inversión a más largo plazo hace poco previsible los efectos del precio de los energéticos, inflación, el dólar, y todo sobre los ahorros económicos por ahorro de energía.

En el presente estudio solo se consideró la diferencia entre los costos UF/m² por vivienda según cada una de las mejoras constructivas térmicas y aquella de referencia que es el caso base la cual cumple el mínimo planteado en la reglamentación térmica; y además no tiene ninguna mejora adicional, estimándose constantes los costos de mantención de equipos, reemplazo y demolición porque son estudios que involucran el análisis de comportamiento del usuario final, caso a caso y esto se aleja de los objetivos planteados en este estudio; por otro lado el MINVU no contempla en la evaluación la energía desde la cuna hasta la demolición en la herramienta CEV.

En esta tesis se operó con los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja descontado que son el método del valor actual neto (VAN), y la tasa interna de retorno TIR. (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).

a) Análisis del Valor Actual Neto.

El objetivo del VAN es estimar el valor presente neto de una inversión, para determinarlo, se descuenta cualquier pago o ingreso dentro del ciclo de vida del proyecto con la tasa de interés que estima el inversionista a la fecha de referencia. De esta manera, se determina la ganancia total o la pérdida total.

El VAN opera calculando el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. En el caso de inversiones en eficiencia energética de edificaciones los flujos futuros considerados son generalmente los gastos en operación, mantención y reemplazo. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

Los mejoramientos son mutuamente excluyentes, luego de efectuar las simulaciones, los resultados del VAN se agruparon por mejoramiento, horizonte de evaluación y tipo energético, en un cuadro resumen caso a caso, a fin de despejar aquellas alternativas que hoy no serían viables. Se continuó trabajando con aquellas cuyo VAN fue positivo, analizando la TIR respecto de la tasa y como complemento el período de recuperación dinámico de la inversión.

Para este estudio se ocupó una tasa de descuento del 10% en base a la bibliografía discutida en Europa, ver Anexo A.

b) Análisis de la Tasa Interna de Retorno.

La TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento del período, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos, expresados en moneda actual; en síntesis, este criterio fue equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado tender a cero. Si la TIR es igual o mayor que la tasa de descuento privada o del inversionista, el proyecto debe aceptarse, y si es menor debe rechazarse.

Por lo tanto, se evaluó por mejoramiento la incidencia de los tipos energéticos para escenarios probables de precio actual y alzas para los tipos energéticos como gas licuado y parafina, y para la

electricidad se añadió un escenario a la baja, un alza intermedia y una probable. Los resultados se presentan en una tabla comparativa por cada mejoramiento.

c) Análisis del período de recuperación dinámico.

El periodo de recuperación dinámico se analizó adicionalmente como complemento, para aquellas medidas cuyo VAN fue positivo y cuya TIR fue superior a la tasa de descuento. Aunque el cálculo de amortización dinámica no es apropiado para evaluar la rentabilidad como criterio único, porque considera como objetivo sólo el tiempo de la recuperación y no su valor, se usó en combinación con el método de cálculo de la rentabilidad de una inversión como el VAN.

d) La inversión económica.

Se mide en precios unitarios, varían y son difíciles de obtener por considerarse en muchos casos información empresa de carácter privado. Como metodología primero se efectuó una revisión de estudios que se avocaron a evaluar económicamente la pertinencia económica de medidas de mejoramiento constructivo térmico. Luego se cotejó con la investigación recientemente publicada por la CChC de abril de 2016, ver Anexo n°J

El total de costos por mejoramiento constructivo térmico se entrega en la siguiente tabla:

COSTOS DE CADA UNO DE LOS MEJORAMIENTOS CONSTRUCTIVOS TERMICOS.

MEJORA	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL (UF)	COSTO uf/m ²
MEJORA 9	\$ 1.155.492	44	0,85
MEJORA 13	\$ 3.324.224	127	2,45
MEJORA 14	\$ 2.798.513	107	2,06
MEJORA 18	\$ 4.362.150	166	3,21

Tabla 48. Costo de construcción con IVA de mejoras para ascender en la calificación energética. Fuente: elaboración propia a partir de datos de CDT de la CChC, abril 2016.

Primero, los costos son fundamentales para el sector inmobiliario, ya que afectan los costos directos de construcción, por lo tanto, la rentabilidad del proyecto. Estos costos se traspasan a precio para el cliente.

Segundo, considerando la importancia de la información que se da al usuario, esta inversión adicional para mejorar el producto, deberá ser contrastada con los resultados de ahorros económicos por concepto de ahorro de energía que entrega la evaluación económica por cada mejoramiento.

4.4.2 Análisis de los mejoramientos.

Es relevante destacar que el comprador buscará invertir su dinero en eficiencia energética, a una rentabilidad mínima, si bien porque el capital es prestado y debe asumir el coste de los intereses bancarios, o podría haber decidido invertir en otro producto que le rentará más (es lo que se denomina coste de oportunidad). Se esperan resultados que sean consistentes en incentivar los distintos mejoramientos ya que la información publicada por el MINVU (ver figura 28, pág. 94) así lo plantea.

Habiendo efectuado una revisión a la tasa de descuento en países que están ejecutando programas de calificación energética de viviendas (ver anexo A) se consideró una tasa de descuento privada de 10% habitual para este tipo de inversiones.

a) Mejoramiento 9.

Al analizar los costos en relación a los beneficios potenciales equivalentes a los ahorros por la electricidad, una vez efectuado el cálculo del VAN (ver tabla n°45) se considera viable la inversión en todos los horizontes de evaluación.

Ocupando parafina como matriz en calefacción, se confirmó que el mayor beneficio se obtuvo en el escenario de alza probable en horizontes de inversión entre 15 y 20 años. Sin embargo, cuando se redujo el período de evaluación a 10 años se corre riesgo que la inversión no sea viable porque el VAN se vuelve cercano a cero. Aunque en el escenario 3 el VAN es positivo, se debería re-evaluar ya que los ahorros de energía fueron calculados en un régimen completo de operación de la vivienda y si este se reduce, el VAN estará cercano a cero.

Finalmente, si el energético elegido fuera gas licuado, se percibió que la incidencia del precio influyó positivamente en la viabilidad de la inversión. Sin embargo, al traer a valor presente los flujos, estos son notoriamente menores a la electricidad (más cercanos a cero), lo que se hizo sensible en los flujos de caja al no cumplirse las proyecciones de precios del energético.

La proyección de precios, afectó la evaluación dependiendo del energético, siendo más notorio ordenados jerárquicamente: electricidad, gas licuado y parafina.

EVALUACIÓN DEL VAN POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 9.

		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado				
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3		
		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE		
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%		
ZONA	3	MEJORA 9	\$ 3.449.352	\$ 4.923.430	\$ 4.075.025	\$ 850.016	\$ 791.603	\$ 919.722	\$ 1.822.263	\$ 1.735.533	\$ 1.925.762	HORIZONTE 20 AÑOS
			\$ 2.958.509	\$ 4.063.051	\$ 3.458.109	\$ 636.243	\$ 584.057	\$ 698.519	\$ 1.504.856	\$ 1.427.370	\$ 1.597.323	HORIZONTE 15 AÑOS
			\$ 2.168.001	\$ 2.861.958	\$ 2.512.782	\$ 291.961	\$ 249.802	\$ 342.270	\$ 993.669	\$ 931.072	\$ 1.068.368	HORIZONTE 10 AÑOS

 TIR > a 10%TASA

 6% TASA<TIR <10%TASA

 TIR <6%TASA

Tabla 49. Evaluación económica para mejora 9. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.

Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

Al analizar la TIR, como método complementario a la evaluación, este confirmó que la mayor tasa fue ocupando la electricidad como fuente para calefacción. En el caso de ocupar parafina, aunque la TIR fue positiva para horizontes de 15 y 20 años, primó como criterio el VAN.

EVALUACIÓN DE LA TIR POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 9.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Valores de TIR (%) para mejora constructiva termica (TIR=TASA 10% INVERSIONISTA)											
Electricidad				Kerosene			Gas Licuado				
Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
MEJORA	A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
	5%	2,50%	1%	3%		6,58%		3%		6,58%	
ZONA 3	MEJORA 9	46,79%	53,59%	50,75%	19,84%	19,20%	20,60%	30,11%	29,21%	31,18%	HORIZONTE 20 AÑOS
		46,66%	53,48%	50,64%	18,86%	18,18%	19,67%	29,65%	28,72%	30,76%	HORIZONTE 15 AÑOS
		45,73%	52,62%	49,80%	15,60%	14,83%	16,52%	27,63%	26,61%	28,84%	HORIZONTE 10 AÑOS

TIR > a 10% TASA

6% TASA < TIR < 10% TASA

TIR < 6% TASA

Tabla 50. Evaluación económica para mejora 9. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.

Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

Por último, se puede señalar que la viabilidad económica de invertir en este mejoramiento pasara por evaluar (1) bajar sus costos de inversión y (2) estudiar una nueva tasa de descuento.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DINÁMICO POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 9.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Período de recuperacion del capital TASA DE DESCUENTO 10%											
Electricidad				Kerosene			Gas Licuado				
Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
MEJORA	A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
	5%	2,50%	1%	3%		6,58%		3%		6,58%	
ZONA 3	MEJORA 9	2 años 5 meses	2 años 3 meses	2 años 4 meses	7 años 1 mes	7 años 4 meses	6 años 9 meses	3 años	4 años 1 mes	4 años	HORIZONTE 20 AÑOS
		2 años 5 meses	2 años 3 meses	2 años 4 meses	7 años 1 mes	7 años 4 meses	6 años 9 meses	3 años	4 años 1 mes	4 años	HORIZONTE 15 AÑOS
		2 años 5 meses	2 años 3 meses	2 años 4 meses	7 años 1 mes	7 años 4 meses	6 años 9 meses	3 años	4 años 1 mes	4 años	HORIZONTE 10 AÑOS

Tabla 51. Período de recuperación dinámico para mejora 9. Tasa de descuento de 10%.

Fuente: Elaboración propia.

Se verificó que si el futuro propietario ocupara en orden de prioridad (1) electricidad, (2) gas licuado y (3) parafina, un escenario probable de la amortización se cumple a los 2 a 3 años para la electricidad, y luego para el gas licuado se demora de 3 a 4 y en el caso de la parafina se tomará 7 años, este último más de 3 veces cuando se comparan alzas probables de los energéticos.

b) Mejoramiento 13.

En este análisis por energético en tablas n°48, 49 y 50 se ha calculado que al ocupar electricidad se recupera el capital con la tasa de descuento del 10%. De manera similar ocurre con ocupar gas licuado, sin embargo, solo en horizontes de 15 y 20 años de evaluación, sin embargo en un horizonte de 10 no se recupera el capital a la tasa de descuento dada.

Probablemente un alza promedio mayor a 6,58% por los próximos 10 años como mínimo haría viable invertir pensando el ocupar este energético.

El uso de la parafina en ningún escenario, ni con las eventuales alzas promedio se recuperaría la inversión.

EVALUACIÓN DEL VAN POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 13.

		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado				
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3		
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE		
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%		
ZONA	3	MEJORA 13	\$ 3.957.352	\$ 4.562.873	\$ 4.946.720	-\$ 152.942	-\$ 245.310	-\$ 42.717	\$ 1.384.459	\$ 1.247.313	\$ 1.548.120	HORIZONTE 20 AÑOS
			\$ 3.181.189	\$ 3.722.165	\$ 3.592.057	-\$ 490.978	-\$ 573.500	-\$ 392.502	\$ 882.548	\$ 760.020	\$ 1.028.764	HORIZONTE 15 AÑOS
			\$ 1.931.170	\$ 2.368.198	\$ 2.263.090	-\$ 1.035.388	-\$ 1.102.053	-\$ 955.834	\$ 74.214	-\$ 24.769	\$ 192.335	HORIZONTE 10 AÑOS

TIR > a 10% TASA
 6% TASA < TIR < 10% TASA
 TIR < 6% TASA

Tabla 52. Evaluación económica para mejora 13. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.

Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

Una alternativa para hacer viable económicamente la medida 13 ocupando la parafina en calefacción, podría ser replantear el proyecto a un horizonte de evaluación más largo, extendiendo la vida útil del proyecto, pero de ir más allá de 20 años se expone el modelo a una incertidumbre mayor en lo que tiene que ver con la exactitud de los precios del energético.

EVALUACIÓN DE LA TIR POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 13.

EVALUACIÓN ECONÓMICA												
Valores de TIR (%) para mejora constructiva térmica (TIR=TASA 10% INVERSIONISTA)												
		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado				
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3		
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE		
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%		
ZONA	3	MEJORA 13	25,45%	27,66%	28,12%	9,32%	8,90%	9,81%	15,74%	15,20%	16,39%	HORIZONTE 20 AÑOS
			24,80%	27,11%	26,55%	7,32%	6,86%	7,88%	14,44%	13,84%	15,14%	HORIZONTE 15 AÑOS
			22,29%	24,84%	24,23%	2,12%	1,56%	2,79%	10,52%	9,83%	11,33%	HORIZONTE 10 AÑOS

TIR > a 10% TASA
 6% TASA < TIR < 10% TASA
 TIR < 6% TASA

Tabla 53. Evaluación económica para mejora 13. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.

Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

La TIR confirma lo ventajoso que sería invertir en este mejoramiento si el energético a utilizar es la electricidad, y en términos de escenarios, deja fuera al gas licuado tempranamente a los 10 años.

Si se analiza en términos de menor período de amortización del capital, ocupando la electricidad hay una diferencia de más de 5 años a favor si se compara con el gas licuado. Las bajas y alzas promedio y probables no parecen afectar con importancia a la amortización de la inversión ocupando electricidad, en cambio de ocupar gas licuado, solo las alzas sostenidas acortarían el período de recuperación. Ver siguiente tabla.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DINÁMICO POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 13.

EVALUACIÓN ECONÓMICA												
Período de recuperación del capital TASA DE DESCUENTO 10%												
		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado				
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3		
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE		
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%		
ZONA	3	MEJORA 13	4 años 2 meses	4 años 8 meses	4 años 8 meses	NR	NR	NR	9 años 7 meses	10 años 1 mes	8 años 11 meses	HORIZONTE 20 AÑOS
			4 años 2 meses	4 años 8 meses	4 años 8 meses	NR	NR	NR	9 años 7 meses	10 años 1 mes	8 años 11 meses	HORIZONTE 15 AÑOS
			4 años 2 meses	4 años 8 meses	4 años 8 meses	NR	NR	NR	9 años 7 meses	10 años 1 mes	NR	HORIZONTE 10 AÑOS

Tabla 54. Período de recuperación dinámico para mejora 13. Tasa de descuento de 10%.

Fuente: Elaboración propia.

c) Mejoramiento 14.

Analizando la rentabilidad de la inversión al ocupar electricidad como fuente de calefacción, se confirmó como viable en todos los escenarios de precios y horizontes de evaluación, obteniendo un VAN mayor incluso que considere una baja del energético del 5% por sobre el gas licuado.

EVALUACIÓN DEL VAN POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 14.

		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%	
ZONA 3	Mejora 14	\$ 6.035.266	\$ 8.492.761	\$ 7.235.536	\$ 1.048.786	\$ 936.729	\$ 1.182.508	\$ 2.913.913	\$ 2.747.532	\$ 3.112.462	HORIZONTE 20 AÑOS
		\$ 5.093.649	\$ 6.953.167	\$ 6.052.066	\$ 638.692	\$ 538.579	\$ 758.160	\$ 2.305.010	\$ 2.156.364	\$ 2.482.395	HORIZONTE 15 AÑOS
		\$ 3.577.166	\$ 4.761.623	\$ 4.238.581	-\$ 21.769	-\$ 102.645	\$ 74.743	\$ 1.324.365	\$ 1.204.281	\$ 1.467.665	HORIZONTE 10 AÑOS

Tabla 55. Evaluación económica para mejora 16. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético. Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

Al ocupar gas licuado, en todos los escenarios de precios obliga a extender la vida útil del proyecto a 15 años ya que a 10 años no se recupera el capital a la tasa de descuento de 10%.

En comparación con los mejoramientos 9 y 13, el proyecto pierde viabilidad porque no recuperó la inversión a la tasa de descuento de 10% a los diez años de evaluación.

EVALUACIÓN DE LA TIR POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 14.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Valores de TIR (%) para mejora constructiva termica (TIR=TASA 10% INVERSIONISTA)											
		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%	
ZONA 3	Mejora 14	37,01%	42,45%	40,36%	15,19%	14,66%	15,82%	23,63%	22,90%	24,50%	HORIZONTE 20 AÑOS
		36,74%	42,21%	40,13%	13,84%	13,25%	14,52%	22,89%	22,12%	23,80%	HORIZONTE 15 AÑOS
		35,27%	40,84%	38,78%	9,82%	9,14%	10,62%	20,15%	19,29%	21,17%	HORIZONTE 10 AÑOS

TIR > a 10% TASA 6% TASA < TIR < 10% TASA TIR < 6% TASA

Tabla 56. Evaluación económica para mejora 16. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético. Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

La TIR confirma que es viable la inversión ya que se encuentra sobre el valor de la tasa de descuento en el caso de los energéticos gas licuado y electricidad, no así para la parafina.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DINÁMICO POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 14.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Período de recuperacion del capital TASA DE DESCUENTO 10%											
		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%	
ZONA 3	Mejora 14	3 años 3 meses	2 años 11 meses	3 años	10 años 1 mes	10 años 8 meses	9 años 7 meses	5 años 8 meses	5 años 10 meses	5 años 5 meses	HORIZONTE 20 AÑOS
		3 años 3 meses	2 años 11 meses	3 años	10 años 1 mes	10 años 8 meses	9 años 7 meses	5 años 8 meses	5 años 10 meses	5 años 5 meses	HORIZONTE 15 AÑOS
		3 años 3 meses	2 años 11 meses	3 años	NR	NR	9 años 7 meses	5 años 8 meses	5 años 10 meses	5 años 5 meses	HORIZONTE 10 AÑOS

Tabla 57. Período de recuperación dinámico para mejora 16. Tasa de descuento de 10%. Fuente: Elaboración propia.

Ocupando electricidad para calefacción, y aplicando un alza de IPC de 2,5% se amortiza la inversión en tres años, luego genera beneficios que irán creciendo con horizontes de evaluación más largos. Por otro lado ocupando la parafina como energético, triplicó el período en amortizar la inversión, al considerar un alza probable de 6,58% sería de 9 años 7 meses. Lo anterior obliga a una vida útil del proyecto más extensa haciendo más incierto determinar con exactitud los flujos de caja por la variación del precio del energético.

El gas se posicionó como una alternativa de recambio de matriz frente a los precios más elevados de la electricidad y una amortización más razonable en comparación a la parafina en el escenario actual de los precios se reduce a la mitad los años para el retorno de la inversión en el gas licuado.

d) Mejoramiento 18.

En este caso el VAN, confirmó, que ocupando la electricidad como energético, los ahorros económicos compensan la inversión para todos los horizontes de inversión. En segundo lugar, de ocupar gas licuado se recupera la inversión en horizontes de mediano y largo plazo, a diferencia de la parafina para calefacción no se recupera la inversión.

EVALUACIÓN DEL VAN POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 18.

		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%	
ZONA 3	Mejora 18	\$ 5.970.938	\$ 8.845.530	\$ 7.374.923	\$ 138.130	\$ 7.054	\$ 294.548	\$ 2.319.815	\$ 2.125.194	\$ 2.552.062	HORIZONTE 20 AÑOS
		\$ 4.869.505	\$ 7.044.629	\$ 5.990.589	-\$ 341.567	-\$ 458.672	-\$ 201.823	\$ 1.607.566	\$ 1.433.691	\$ 1.815.057	HORIZONTE 15 AÑOS
		\$ 3.095.638	\$ 4.481.126	\$ 3.869.311	-\$ 1.114.124	-\$ 1.208.727	-\$ 1.001.232	\$ 460.482	\$ 320.017	\$ 628.103	HORIZONTE 10 AÑOS

Tabla 58. Evaluación económica para mejora 18. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.
Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

En este caso se debería efectuar una sensibilización tomando como variable el precio del energético gas licuado, ya que el VAN positivo es relativamente cercano a cero cuando la evaluación del proyecto se reduce a 10 años.

EVALUACIÓN DE LA TIR POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 18.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Valores de TIR (%) para mejora constructiva termica (TIR=TASA 10% INVERSIONISTA)											
		Electricidad			Kerosene			Gas Licuado			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
MEJORA		A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	
		5%	2,50%	1%	3%		6,58%	3%		6,58%	
ZONA 3	Mejora 18	27,61%	32,34%	30,40%	10,46%	10,02%	10,98%	17,25%	16,67%	17,93%	HORIZONTE 20 AÑOS
		27,06%	31,83%	29,90%	8,60%	8,11%	9,18%	16,07%	15,44%	16,81%	HORIZONTE 15 AÑOS
		24,78%	29,66%	27,76%	3,65%	3,07%	4,34%	12,40%	11,68%	13,26%	HORIZONTE 10 AÑOS

TIR > a 10% TASA

6% TASA<TIR <10%TASA

TIR <6%TASA

Tabla 59. Evaluación económica para mejora 18. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.
Fuente: Elaboración propia. (Ver anexo E).

En términos de la TIR, se constató que no siempre un mayor ahorro energético entrega certeza de resultados positivos del VAN. Si bien, al ocupar electricidad y gas licuado la TIR es superior a la tasa de descuento, no ocurre así con la parafina. En síntesis si el usuario considera ocupar parafina como matriz energética para calefacción no se recupera la inversión.

Al analizar el período de recuperación dinámico (que consideró la tasa de descuento) se verificó que, a un mismo costo de construcción de la medida, se consideró un escenario de alza probable de la energía para energéticos como electricidad y gas licuado, se recuperó la inversión en menos de la mitad de tiempo utilizando electricidad que ocupando gas licuado.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DINÁMICO POR ESCENARIOS Y ENERGÉTICOS PARA MEJORAMIENTO 18.

EVALUACIÓN ECONÓMICA											
Período de recuperación del capital TASA DE DESCUENTO 10%											
Electricidad				Kerosene				Gas Licuado			
Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
MEJORA	A LA BAJA	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL	ALZA PROBABLE	ALZA INTERMEDIA	PRECIO ACTUAL
	5%	2.50%	1%	3%		6.58%		3%		6.58%	
ZONA 3 Mejora 18	4 años 8 meses	4 años	4 años 3 meses	18 años 3 meses	19 años 10 meses	16 años 9 meses	8 años 6 meses	8 años 11 meses	8 años 1 mes	HORIZONTE 20 AÑOS	
	4 años 8 meses	4 años	4 años 3 meses	NR	NR	NR	8 años 6 meses	8 años 11 meses	8 años 1 mes	HORIZONTE 15 AÑOS	
	4 años 8 meses	4 años	4 años 3 meses	NR	NR	NR	8 años 6 meses	8 años 11 meses	NR	HORIZONTE 10 AÑOS	

Tabla 60. Período de recuperación dinámico para mejora 18. Tasa de descuento de 10%.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Período de recuperación del capital.

Incorporando el valor del capital en el tiempo, se propuso comparar los períodos de amortización por energético, a fin de medir el tiempo de amortización en rangos y determinar en cual período en años empezó a entregar beneficios para el propietario.

El energético que permitió más rápido retorno fue la electricidad en un rango de 2 a 4 años, luego el gas licuado con un rango de 4 a 9 años y finalmente la parafina desde 7 años a más de 20 años.

En términos de promoción de calificación energética, aquellas que promueven en su conjunto el uso de electricidad tendrán mejor aceptación porque entregan beneficios al cliente antes.

Teniendo claridad de rangos de años de recuperación del capital, se ataca una falla de mercado que tiene que ver con la información que se entrega, en relación a la recuperación del capital invertido por un producto con mejoras constructivas.

El gráfico indica por sobre el eje x, el incremento paulatino de la rentabilidad, el cruce de la curva con el eje mencionado indica el final del periodo de recuperación, y por el contrario; contra más abajo comienza la curva más alta fue la inversión inicial.

Entre barras rojas se indican a continuación se agrupa por energético los rangos de recuperación del capital para un horizonte máximo de evaluación de 20 años:

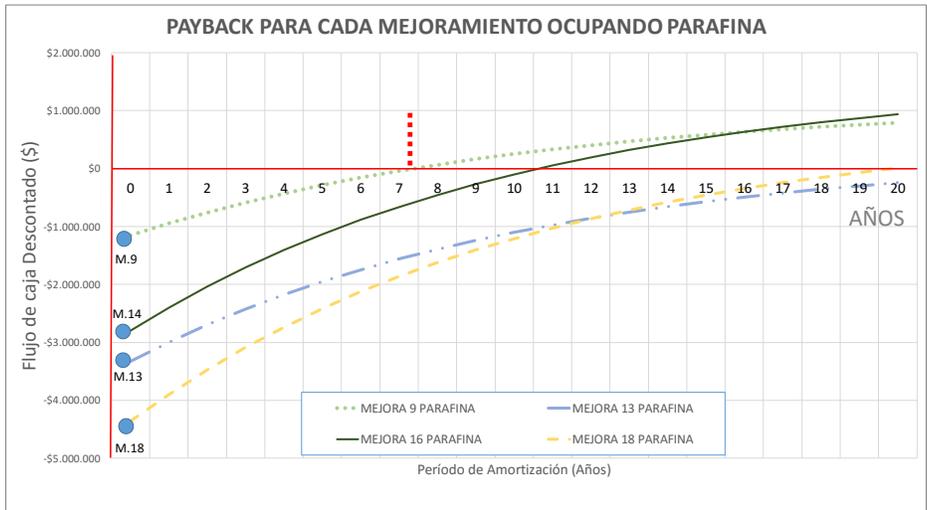
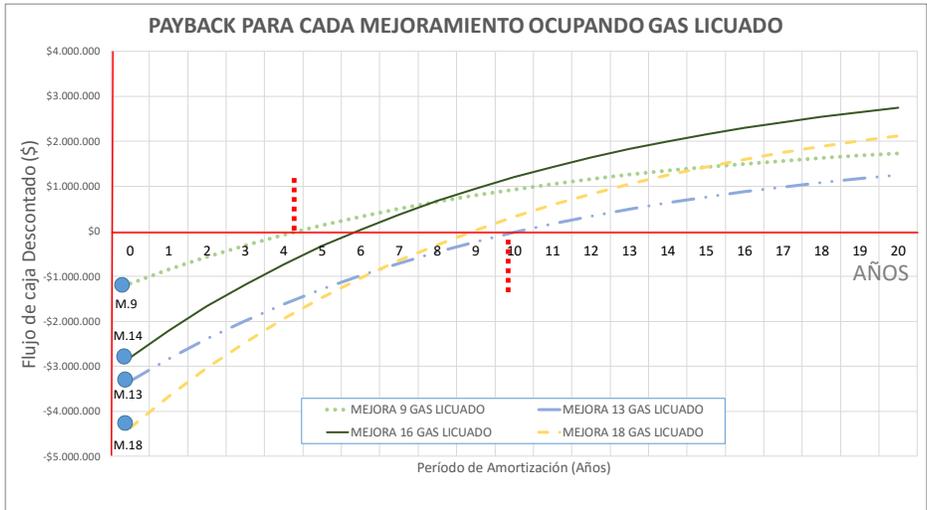
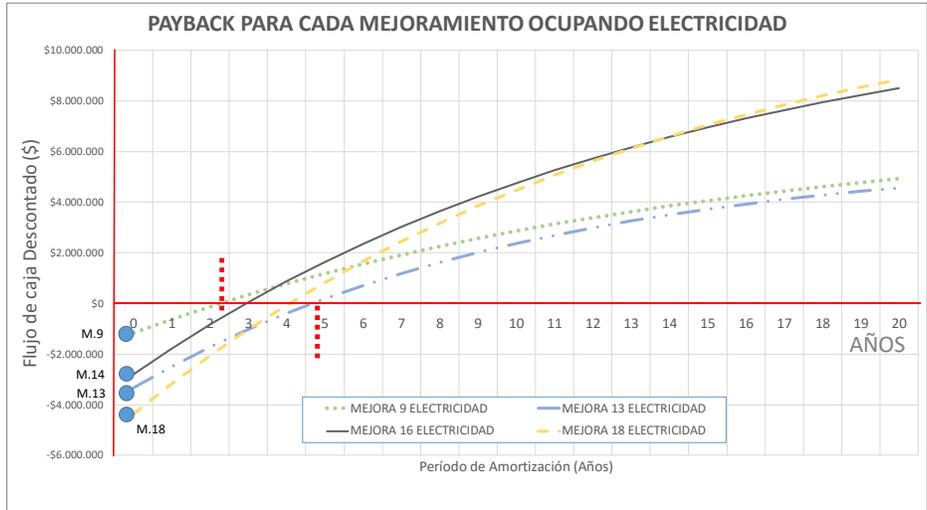


Gráfico 20. Comparación de períodos de recuperación dinámica a una tasa de descuento de 10% para cada mejoramiento según energético. Fuente: elaboración propia.

4.5. Conclusiones parciales.

Una vez aplicados los 4 mejoramientos ocupando el energético gas licuado de mayor uso en la zona, para el grupo C2-C3 con un presupuesto promedio familiar equivalente a \$192.035 para calefacción durante la temporada de frío en Lampa, se cubren las necesidades de temperaturas de confort desde un 26,64% implementado el M-9 con calificación D, hasta el 64,39% cuando se implementó el M-18 de calificación A.

El ahorro de energía no fue suficiente para acercar el presupuesto familiar al presupuesto ideal para el confort de temperatura, por ejemplo: con calificación A el consumo estimado fue equivalente a \$298.207 ocupando gas licuado, lo cual sería equivalente a destinar el 34% del ingreso familiar, significando un 24% más del gasto en energético del grupo por sobre el 10% máximo de referencia sobre el umbral de pobreza energética.

Según el modelo de estudio, no se alcanza a percibir los beneficios económicos de los ahorros de energía debido al bajo presupuesto familiar que destina el segmento para calefacción.

La determinación de los precios de los energéticos, se consideró solo una aproximación, si bien se efectuó consulta a entidades especializadas, por la naturaleza propia de estos; fueron solo precios referenciales.

Lo amplio de los resultados de ahorros económicos se produjo por el variado escenario de precios y horizontes de evaluación, porque se diferenció por energético. A modo de ejemplo: al implementar la M-9, cuando se comparó parafina y electricidad entre sí, la diferencia de ingresos fue \$4.398.342 con el mismo horizonte de evaluación a 10 años, y esta diferencia fue \$3.289.615 cuando se comparó entre electricidad y gas licuado para el mismo horizonte de tiempo.

En general, los beneficios económicos por ahorro dependieron del energético principal que ocupa el segmento de estudio para calefacción.

Una vez realizada la evaluación estática, la electricidad potenció la aplicabilidad de los mejoramientos con resultados positivos del VAN en todos los casos con un periodo de recuperación en un rango de dos a cuatro años. El gas licuado fue una opción económica intermedia o de transición hacia la electricidad, con resultados positivos del VAN sin embargo con un rango amplio de retornos de la inversión que van desde 4 a 10 años en comparación a la electricidad. Desde la mirada económica de la salud pública, la parafina desincentiva el impulso de los mejoramientos constructivos cuando este es el energético para calefacción.

El *payback* resume, que hay una relación entre potencial de retorno económico y energético, se concluye que se debe retirar el empleo de estufas a parafina y gas licuado a llama abierta ya que no solo tiene malos retornos económicos sino que desde el punto de vista de la salud pública acentúa el riesgo de enfermedades respiratorias. En cambio, desde la mirada económica, la electricidad es la que para este modelo ofreció mayores retornos en menor periodo de tiempo.

5. Análisis de sensibilización y construcción de escenarios económico financiero.

El análisis de sensibilidad se planteó primero desde el punto de vista del desarrollador. Considerando la racionalidad del agente económico, este invertirá si la mejora de producto se vuelve en un elemento diferenciador respecto de su competencia pero valorado como un atributo desde el punto de vista de la demanda.

La implementación de mejoramientos constructivos significó el re-evaluar el precio de venta para no afectar la rentabilidad de la inversión.

Por otro lado, la sensibilización se planteó también desde el punto de vista de la demanda para determinar aquellos factores que condicionan una evaluación positiva del VAN.

Finalmente una vez detectados los factores que afectan los resultados y que encierran incertidumbre se sensibilizan dinámicamente todas las variables al mismo tiempo para determinar el peso relativo en los rangos de resultados probables del VAN. Lo anterior es fundamental ya que permitió conocer a cuáles de ellos centrar un análisis más detallado.

5.1. Incidencia de nuevos costos sobre la rentabilidad para el inversionista inmobiliario.

En la elaboración del modelo de estudio, se consideró una tasa de descuento del 10% para el inversionista inmobiliario. Al comparar la TIR con la tasa, por cada mejoramiento se observó una disminución progresiva a medida que suben los costos directos de construcción, lo cual no hace atractivo para el inversor continuar con la evaluación. Sin embargo, la TIR es mayor a la tasa aun implementando mejoras al producto con letras de calificación E, D, y B. Caso particular a analizar es el mejoramiento n°13 de calificación C, el cual se debería re-evaluar la alternativa constructiva para reducir los costos directos de construcción de la medida.

Bajo esta consideración económica, el proyecto no se hace viable con una TIR menor al 10%, con el actual precio de venta de 1547 UF promedio para este segmento de mercado en la comuna de Lampa, cuando se busca la calificación A máxima.

En el siguiente gráfico se muestra el descenso de la TIR sin traspasar a precio de venta los costos directos de construcción de cada mejoramiento:

RELACIÓN PORCENTUAL ENTRE COSTOS CONSTRUCTIVOS DE MEJORAMIENTOS Y TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO. AREA DE VENTANAS=15.85m².

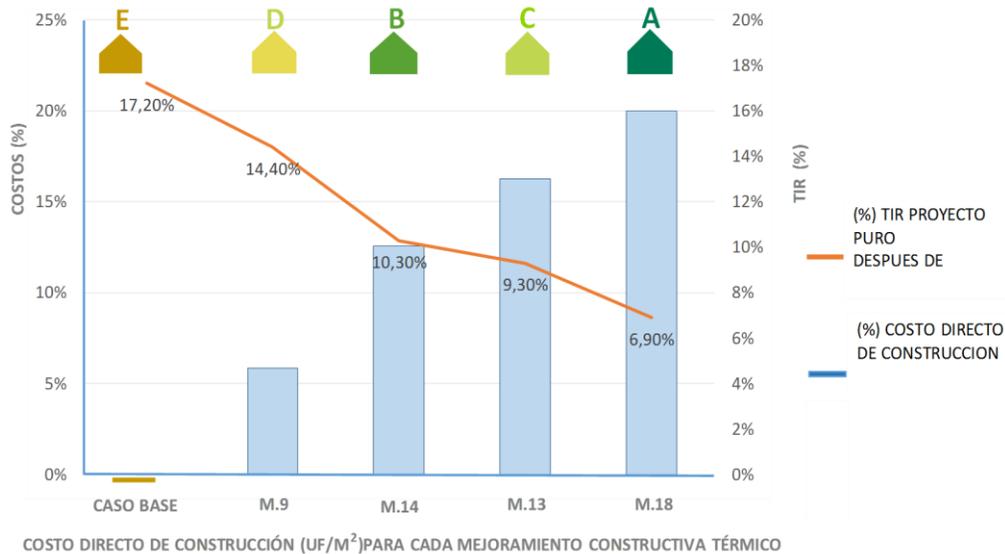


Gráfico 21. Incidencia en la baja de la rentabilidad por aumento de costos uf/m2 por cada mejoramiento propuesto. Fuente: elaboración propia.

En otro escenario de análisis, se redujo la superficie de ventanas debido al mayor peso económico en costos en comparación a los muros, se propuso reducir el área de ventanas a 12,64 m² totales, lo cual significó que los mejoramientos C y A tengan una TIR inferior a la tasa de descuento.

RELACIÓN PORCENTUAL ENTRE COSTOS CONSTRUCTIVOS DE MEJORAMIENTOS Y TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO. AREA DE VENTANAS DE 12.64m²

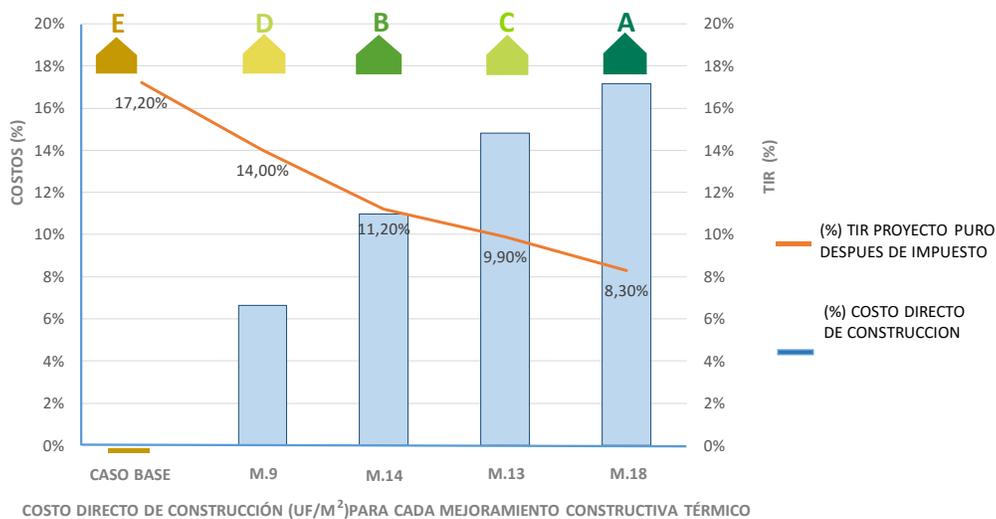


Gráfico 22. Incidencia de la reducción de ventanas a 12.64 m² sobre la TIR. Fuente: elaboración propia.

Los precios de venta no van a subir por la obligatoriedad del programa CEV, ya que este no impone una letra de calificación obligatoria. Se deberá esperar como responde la demanda en términos de valorar una mejor calificación energética en relación a otros atributos, lo cual si presionaría al alza de los productos.

En general, el elevar la calidad de la vivienda debiera significar un alza en los precios de venta, porque se propone un producto de mayor estándar técnico, y un beneficio de mayor confort por la existencia de más horas de calefacción.

5.2. Análisis comparativo de precios de venta según mejoramiento constructivo térmico.

Una vez efectuado el ajuste al alza de precios de venta por cada mejoramiento constructivo térmico para no afectar la rentabilidad a la baja, el incremento en términos porcentuales en los nuevos precios se analiza a continuación.

La incidencia de los mejoramientos propuestos fue determinante en la comparación de resultados entre los mejoramientos 13 y 14. El bajo costo de construcción de aislar por el interior con yeso cartón y poliestireno en contraste con aislar por el exterior (EIFS, Andestermo) y la menor transmitancia térmica de la solución de aislación interior hizo que el balance general sea favorable al mejoramiento n°14: primero el mejoramiento n°14 entrega mejor letra de calificación y segundo, su precio de venta fue más atractivo y deja fuera a la solución n°13 como alternativa.

El ofrecer esta vivienda pareada con una letra D de calificación para diferenciarse de una letra E, el aumento de precio mínimo que se daría cercano a 3,55%.

El aumento de precio de pasar de la D a la C de calificación es de un 6,3%. El aumento porcentual de pasar de letra D a letra B es de un 5,03%.

Si se decide pasar de una letra B de calificación a letra A el aumento de precio es 4,46%.

En términos generales al buscar un progreso notorio en la calificación energética para este caso, el aumento de precio de pasar de una letra E a una de letra A es 12,5% mínimo, sin colocar en riesgo la rentabilidad. Este incremento en el precio de venta se puede enmarcar como un porcentaje razonable comparándolo con el análisis que se empezó a efectuar en Europa.

El detalle de aumento estimado de precio por alcanzar mejores calificación se detalla a continuación.

PRECIOS DE VENTA DE PRODUCTOS INMOBILIARIO CON CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

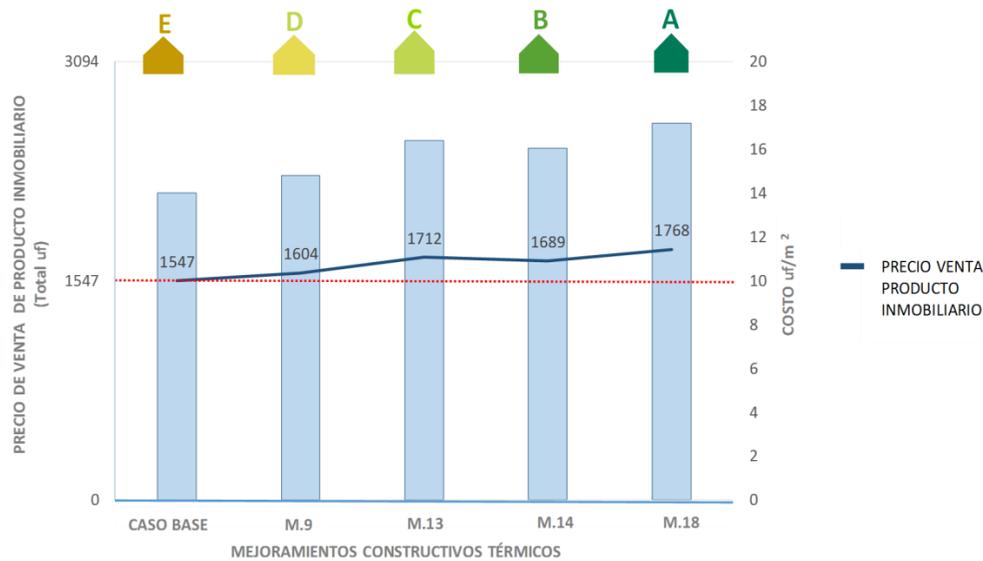


Gráfico 23. Incidencia de la reducción de ventanas a 12.64 m² sobre la TIR. Fuente: elaboración propia.

En el estado del arte se señaló que un estudio efectuado en Holanda que midió el impacto de certificados de eficiencia energética y la etiqueta con letra de calificación sobre el precio de venta, concluyó que pasar de una letra D a una A de calificación se tradujo en un aumento de 10,2%, comparado con el 12,5% del modelo de estudio nacional.

En el mismo mercado holandés, se relacionó la variación de ahorro-precio de venta, se estimó que un 50% de ahorro de energía fue equivalente a un aumento de precio del 11%, si se compara con este estudio, está por sobre el 9,63% con el producto inmobiliario del caso en la comuna de Lampa-Santiago. Sin embargo, se reconoce que la base de comparación fue de carácter inicial, ya que otros factores como el precio de suelo, atributos de localización, entre otros deberán considerarse cuando se evalúe este fenómeno en el mercado nacional.

Si, se valorara la eficiencia energética como atributo relevante, el mercado responderá a los requerimientos de la demanda, volviéndose un factor la gradualidad de la implementación del programa y como se mapea la respuesta en las distintas comuna y perfiles de cliente.

Cobrar valor el perfil energético de la demanda para promover cierta línea de productos, el cual dependerá del valor que atribuya el cliente a estas mejoras y su capacidad de pago.

Se comprobó en este estudio que una eventual obligatoriedad en una reglamentación térmica más exigente, generará aumento de precio de venta de las viviendas, que sumado a poca elasticidad de la demanda desde el punto de vista financiero, se podría dar el traslado geográfico de esta, una vez implementado el programa no podría pagar ese nuevo producto, emigrara a áreas de la ciudad donde se ofrezcan productos inmobiliarios con precios de venta más accesibles, que probablemente cumplirán al mínimo la reglamentación térmica y también con el mínimo de calificación energética E.

5.3. Incidencia de costos y cambios en la tasa de descuento en la aplicabilidad de los mejoramientos para el usuario.

Dada la multiplicidad de escenarios se agruparon por horizonte de tiempo de evaluación, correspondiendo a 10, 15 y 20 años.

Se eligieron las variables que en términos generales son imprescindibles en una evaluación económica y que incidieron en la aplicabilidad de cada uno del mejoramiento constructivo térmico.

Para estimar el cambio en el VAN, se trabajó el flujo de caja con una variable dependiente que fue el ingreso económico por ahorros de energía, y se fue alternando con la inversión inicial y cambio de tasa de descuento.

Los ingresos se plantearon sobre la base de los escenarios en el capítulo 4.3, los que consideraron la baja y alza probable por los tres energéticos predominantes en la zona de aplicabilidad del modelo completo de estudio.

En relación a la inversión inicial o costos de construcción se trabajó considerando eventuales ajustes que podrían tener las iniciativas de mejoramientos o alzas que se podrían dar por el IPC. También, se consideró bajas en la inversión inicial pensando que se puede obtener economías de escala cuando se ejecutan a un gran número de viviendas.

Este análisis se efectuó por cada mejoramiento seleccionado, planteado para un horizonte de evaluación crítico de 10 años. Los otros dos horizontes de evaluación (15 y 20 años) se anexan, sin embargo, las incidencias de estas variables en el tiempo se presentan resumidas en el siguiente numeral de esta tesis.

El resumen de la incidencia en el VAN por parte de los costos de construcción y cambio en la tasa de descuento se entrega en orden creciente de calificación a continuación.

a) Mejoramiento 9.

Un alza en los costos no perjudica la iniciativa. Esto porque el costo de la propuesta fue bajo y se compensó en todos los escenarios para todos los energéticos.

CALCULO DEL VAN. INVERSION INICIAL – INGRESOS ECONOMICOS

			BAJA		ACTUAL	ALZA	
			10%	5%	0%	3%	5%
		249.802	\$ 1.039.942	\$ 1.097.717	\$ 1.155.492	\$ 1.190.156	\$ 1.213.266
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 228.705	365.351	307.576	249.802	215.137	192.027
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 235.566	407.510	349.735	291.961	257.296	234.186
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 243.754	457.819	400.045	342.270	307.605	284.495
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 339.579	1.046.621	988.847	931.072	896.407	873.297
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 349.766	1.109.218	1.051.443	993.669	959.004	935.894
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 361.923	1.183.917	1.126.142	1.068.368	1.033.703	1.010.593
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 540.883	2.283.551	2.225.776	2.168.001	2.133.337	2.110.227

Tabla 61. Sensibilización del VAN. Inversión inicial- Ingresos económicos Mejoramiento n°9.

Fuente: elaboración propia.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO – INGRESOS ECONOMICOS

		\$ 249.802	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 228.705	\$ 191.405	\$ 249.802	\$ 312.259	\$ 414.358	\$ 527.797	\$ 610.508	\$ 699.511	\$ 795.409	\$ 898.871
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 235.566	\$ 231.812	\$ 291.961	\$ 356.291	\$ 461.454	\$ 578.296	\$ 663.488	\$ 755.161	\$ 853.936	\$ 960.501
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 243.754	\$ 280.031	\$ 342.270	\$ 408.837	\$ 517.654	\$ 638.558	\$ 726.711	\$ 821.570	\$ 923.778	\$ 1.034.048
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 339.579	\$ 844.366	\$ 931.072	\$ 1.023.808	\$ 1.175.403	\$ 1.343.837	\$ 1.466.644	\$ 1.598.795	\$ 1.741.183	\$ 1.894.802
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 349.766	\$ 904.361	\$ 993.669	\$ 1.089.187	\$ 1.245.330	\$ 1.418.816	\$ 1.545.308	\$ 1.681.424	\$ 1.828.083	\$ 1.986.311
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 361.923	\$ 975.956	\$ 1.068.368	\$ 1.167.206	\$ 1.328.776	\$ 1.508.292	\$ 1.639.181	\$ 1.780.027	\$ 1.931.784	\$ 2.095.511
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 540.883	\$ 2.029.895	\$ 2.168.001	\$ 2.315.712	\$ 2.557.174	\$ 2.825.456	\$ 3.021.065	\$ 3.231.556	\$ 3.458.352	\$ 3.703.038

Tabla 62. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°9. Fuente: elaboración propia.

La reducción de la tasa de descuento no desincentiva el uso de los energéticos más contaminantes.

b) Mejoramiento 14.

CALCULO DEL VAN. INVERSION INICIAL – INGRESOS ECONOMICOS

			BAJA		ACTUAL	ALZA		
			10%	5%	0%	3%	5%	
			-21.769	\$ 2.518.662	\$ 2.658.587	\$ 2.798.513	\$ 2.882.468	\$ 2.938.438
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 438.740		177.206	37.281	-102.645	-186.600	-242.570
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 451.902		258.082	118.157	-21.769	-105.724	-161.694
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 467.609		354.595	214.669	74.743	-9.212	-65.182
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 651.436		1.484.133	1.344.207	1.204.281	1.120.326	1.064.356
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 670.979		1.604.217	1.464.291	1.324.365	1.240.410	1.184.440
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 694.301		1.747.517	1.607.591	1.467.665	1.383.710	1.327.740
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.037.612		3.857.017	3.717.092	3.577.166	3.493.211	3.437.240

Tabla 63. Sensibilización del VAN. Inversión inicial- Ingresos económicos Mejoramiento n°14. Fuente: elaboración propia.

El alza en la tasa de descuento y de los costos de construcción no hace rentable la inversión del cliente al ocupar la parafina como energético para calefacción. Por otro lado desincentiva un energético contaminante y potencia el utilizar la electricidad como energético en calefacción.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO – INGRESOS ECONOMICOS

		\$ -21.769	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 438.740	\$ -214.671	\$ -102.645	\$ 17.171	\$ 213.035	\$ 430.653	\$ 589.322	\$ 760.062	\$ 944.029	\$ 1.142.507
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 451.902	\$ -137.155	\$ -21.769	\$ 101.641	\$ 303.381	\$ 527.527	\$ 690.957	\$ 866.820	\$ 1.056.306	\$ 1.260.738
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 467.609	\$ -44.654	\$ 74.743	\$ 202.443	\$ 411.195	\$ 643.132	\$ 812.241	\$ 994.217	\$ 1.190.289	\$ 1.401.827
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 651.436	\$ 1.037.947	\$ 1.204.281	\$ 1.382.183	\$ 1.672.999	\$ 1.996.115	\$ 2.231.706	\$ 2.485.219	\$ 2.758.371	\$ 3.053.069
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 670.979	\$ 1.153.041	\$ 1.324.365	\$ 1.507.603	\$ 1.807.144	\$ 2.139.954	\$ 2.382.612	\$ 2.643.731	\$ 2.925.078	\$ 3.228.617
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 694.301	\$ 1.290.386	\$ 1.467.665	\$ 1.657.272	\$ 1.967.224	\$ 2.311.602	\$ 2.562.694	\$ 2.832.889	\$ 3.124.014	\$ 3.438.104
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.037.612	\$ 3.312.227	\$ 3.577.166	\$ 3.860.528	\$ 4.323.742	\$ 4.838.405	\$ 5.213.655	\$ 5.617.453	\$ 6.052.531	\$ 6.521.928

Tabla 64. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°14. Fuente: elaboración propia.

Una reducción de tasa de descuento bajo el 10% no desincentiva el utilizar la parafina y el gas licuado.

c) Mejoramiento 13.

CALCULO DEL VAN. INVERSION INICIAL – INGRESOS ECONOMICOS

			BAJA		ACTUAL	ALZA	
			10%	5%	0%	3%	5%
		-1.102.053	\$ 2.991.801	\$ 3.158.013	\$ 3.324.224	\$ 3.423.950	\$ 3.490.435
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 361.648	-769.630	-935.842	-1.102.053	-1.201.779	-1.268.264
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 372.498	-702.965	-869.176	-1.035.388	-1.135.114	-1.201.599
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 385.445	-623.411	-789.623	-955.834	-1.055.561	-1.122.045
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 536.971	307.653	141.442	-24.769	-124.496	-190.981
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 553.080	406.637	240.425	74.214	-25.512	-91.997
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 572.304	524.757	358.546	192.335	92.608	26.124
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 855.291	2.263.593	2.097.382	1.931.170	1.831.444	1.764.959

Tabla 65. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.

Fuente: elaboración propia.

El alza en los costos de construcción solo hace rentable la inversión cuando el usuario ocupa parafina y gas licuado ya que los ahorros de energía no alcanzan a compensar la inversión. Sin embargo aún en un escenario a la baja de la electricidad, por factor precio del energético; tenemos resultados positivos del VAN.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO – INGRESOS ECONOMICOS

			11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
		\$ -1.102.053									
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 361.648	\$ -1.194.394	\$ -1.102.053	\$ -1.003.290	\$ -841.842	\$ -662.462	\$ -531.673	\$ -390.934	\$ -239.292	\$ -75.689
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 372.498	\$ -1.130.499	\$ -1.035.388	\$ -933.662	\$ -767.370	\$ -582.609	\$ -447.896	\$ -302.935	\$ -146.744	\$ -21.767
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 385.445	\$ -1.054.251	\$ -955.834	\$ -850.573	\$ -678.501	\$ -487.318	\$ -347.923	\$ -197.923	\$ -36.304	\$ 138.065
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 536.971	\$ -161.877	\$ -24.769	\$ 121.872	\$ 361.589	\$ 627.930	\$ 822.124	\$ 1.031.092	\$ 1.256.248	\$ 1.499.164
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 553.080	\$ -67.006	\$ 74.214	\$ 225.255	\$ 472.163	\$ 746.494	\$ 946.514	\$ 1.161.752	\$ 1.393.662	\$ 1.643.866
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 572.304	\$ 46.206	\$ 192.335	\$ 348.626	\$ 604.115	\$ 887.981	\$ 1.094.954	\$ 1.317.672	\$ 1.557.643	\$ 1.816.543
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 855.291	\$ 1.712.784	\$ 1.931.170	\$ 2.164.742	\$ 2.546.564	\$ 2.970.794	\$ 3.280.108	\$ 3.612.954	\$ 3.971.584	\$ 4.358.509

Tabla 66. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.

Fuente: elaboración propia.

La baja de tasa de ocupar parafina como energético frente a los costos, no se vuelve en factor decidor en los resultados positivos del VAN. EL gas licuado presenta un escenario positivo que debería analizarse con más detalle. Los resultados del VAN al ocupar electricidad se ven potenciados.

d) Mejoramiento 18.

CALCULO DEL VAN. INVERSION INICIAL – INGRESOS ECONOMICOS

			BAJA		ACTUAL	ALZA	
			10%	5%	0%	3%	5%
		-1.208.727	\$ 3.925.935	\$ 4.144.042	\$ 4.362.150	\$ 4.493.014	\$ 4.623.879
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 513.205	-772.512	-990.619	-1.208.727	-1.339.592	-1.470.456
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 528.601	-677.909	-896.016	-1.114.124	-1.244.989	-1.375.853
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 546.974	-565.017	-783.124	-1.001.232	-1.132.096	-1.262.961
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 762.001	756.232	538.125	320.017	189.152	58.288
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 784.861	896.697	678.590	460.482	329.617	198.753
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 812.141	1.064.318	846.211	628.103	497.239	366.374
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.213.721	3.531.853	3.313.746	3.095.638	2.964.773	2.833.909

Tabla 67. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.

Fuente: elaboración propia.

Solo ocupando gas licuado y electricidad hacen viable la inversión. El costo global de la inversión es incidente en la evaluación, aún si hubiera una baja en los costos de construcción no alcanzan a ser recuperados por los ahorros económicos.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO – INGRESOS ECONOMICOS

		\$ -1.208.727	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 513.205	\$ -1.339.766	\$ -1.208.727	\$ -1.068.576	\$ -839.469	\$ -584.916	\$ -399.317	\$ -199.597	\$ 15.593	\$ 247.758
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 528.601	\$ -1.249.095	\$ -1.114.124	\$ -969.768	\$ -733.789	\$ -471.599	\$ -280.432	\$ -74.721	\$ 146.925	\$ 386.055
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 546.974	\$ -1.140.894	\$ -1.001.232	\$ -851.859	\$ -607.677	\$ -336.374	\$ -138.562	\$ 74.299	\$ 303.649	\$ 551.090
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 762.001	\$ 125.451	\$ 320.017	\$ 528.112	\$ 868.287	\$ 1.246.244	\$ 1.521.820	\$ 1.818.361	\$ 2.137.873	\$ 2.482.589
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 784.861	\$ 260.079	\$ 460.482	\$ 674.820	\$ 1.025.200	\$ 1.414.496	\$ 1.698.339	\$ 2.003.776	\$ 2.332.874	\$ 2.687.931
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 812.141	\$ 420.735	\$ 628.103	\$ 849.891	\$ 1.212.450	\$ 1.615.276	\$ 1.908.985	\$ 2.225.039	\$ 2.565.575	\$ 2.932.973
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.213.721	\$ 2.785.732	\$ 3.095.638	\$ 3.427.093	\$ 3.968.926	\$ 4.570.939	\$ 5.009.879	\$ 5.482.211	\$ 5.991.133	\$ 6.540.198

Tabla 68. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.

Fuente: elaboración propia.

La tasa para esta mejora no se vuelve en un factor decidor para la oferta y la demanda al ocupar un energético de menor precio como la parafina. El gas licuado por su precio, se volvería un escenario intermedio y luego la electricidad.

En este análisis de sensibilización estático, el cual cruzó dos variables; significó reconocer que dejando fijo como variable los ingresos, el factor costo fue más incidente en las variaciones del VAN que eventuales cambios de tasa. Sin embargo, se debió sensibilizar otros factores asociados a la determinación de los ingresos, detalle que se presenta en el siguiente acápite.

5.4. Incidencia de variables sobre el VAN para horizonte crítico de 10 años para mejoramientos.

Los ingresos económicos en la construcción del flujo de caja se entendieron dependientes de diferentes factores. El ahorro de energía como se planteó en el estado de la cuestión dependerá de variables que encierran incertidumbre lo cual incide en los ahorros económicos reales que se pueden obtener. Es fundamental su comprensión ya que la credibilidad del análisis pasa también por la probabilidad del acierto de los rangos de resultados en la evaluación.

Los resultados anteriores de VAN y TIR en el acápite anterior fueron en base a sensibilizaciones estáticas, sin embargo dada la complejidad natural de la problemática se planteó una sensibilización dinámica en términos de medir la probabilidad de ocurrencias de resultados positivos del VAN ocupando como referencias los resultados puntuales calculados anteriormente.

Para cumplir el objetivo anterior, se eligió la herramienta *Cristall Ball* por lo didáctico de la entrega de resultados para su interpretación.

Las variables de entrada que encierran incertidumbre y que se eligieron fueron:

- Tasa de descuento sobre el capital.
- Tasa de ocupación de la vivienda en régimen de confort térmico.
- Tipo de energético.
- Precio de energético.
- Eficiencia del sistema completo de calefacción.
- Poder calorífico del energético.

Las variables de salida de los resultados a medir fue el VAN. La interpretación pasó por reconocer la probabilidad de resultados sobre 0 y luego la probabilidad de ocurrencia de resultados en el 90% más probable. Se excluyeron los resultados que quedaron en las dos colas de la distribución normal.

Se evaluó en base a precios actuales evitando posibles distorsiones que puedan generar el alza de los precios de los energéticos y se consideró para la electricidad el escenario a la baja, tomando como antecedentes la baja de precios que en términos de ingresos es el más desfavorable.

Se excluyó de la evaluación las dos colas, correspondiente a la frecuencia de resultados de los percentiles de los 5% extremos.

A continuación se expone la mejor alternativa económica en términos de VAN ocupando electricidad para el mejoramiento 9. Gráficamente, en color azul se presenta el rango de certeza, tomando como base el $VAN > 0$.

CERTEZA DEL VAN OCUPANDO ELECTRICIDAD CON HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS PARA MEJORAMIENTO 9

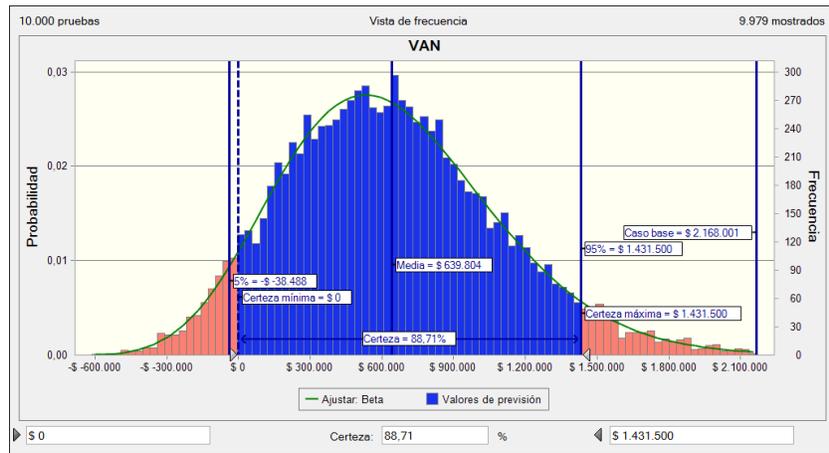


Gráfico 24. Certeza del VAN para mejoramiento 9 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.
Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

CERTEZA DEL VAN OCUPANDO ELECTRICIDAD CON HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS PARA MEJORAMIENTO 13

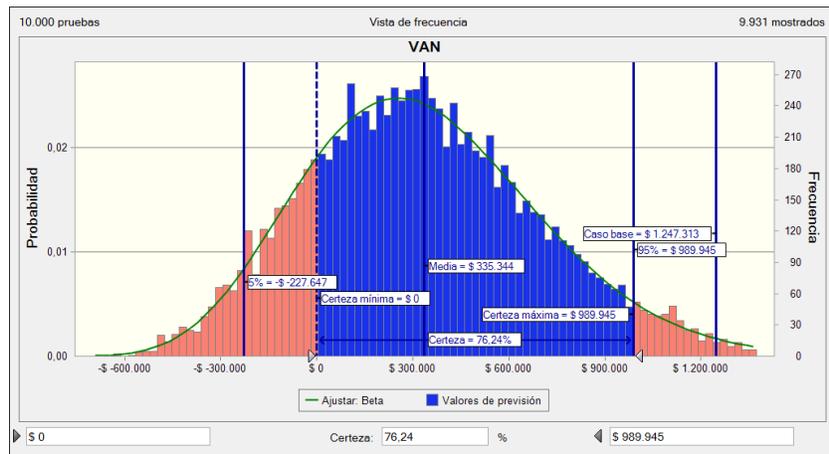


Gráfico 25. Certeza del VAN para mejoramiento 13 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.
Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

Por la ubicación del caso base en la curva, a la derecha de la línea de corte del percentil del 95%, se puede concluir que los dos VAN calculados están sobre una línea base de datos es en un óptimo. Aunque la media de los resultados es menor a los VAN calculados, fue positivo.

Se asume que el potencial de ahorro económico está sobre estimado el cual como tope dentro del rango de probabilidades se reduce en ambos mejoramientos. Para M-9, se reduce de \$2.168.001 a \$1.431.500 y para M-13 pasa de \$1.247.313 a \$999.945.

CERTEZA DEL VAN OCUPANDO ELECTRICIDAD CON HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS PARA MEJORAMIENTO 14

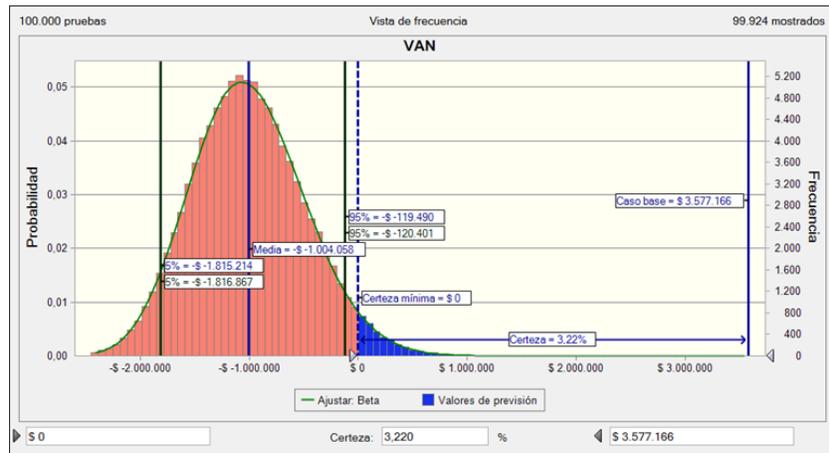


Gráfico 26. Certeza del VAN para mejoramiento 14 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.
Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

CERTEZA DEL VAN OCUPANDO ELECTRICIDAD CON HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS PARA MEJORAMIENTO 18

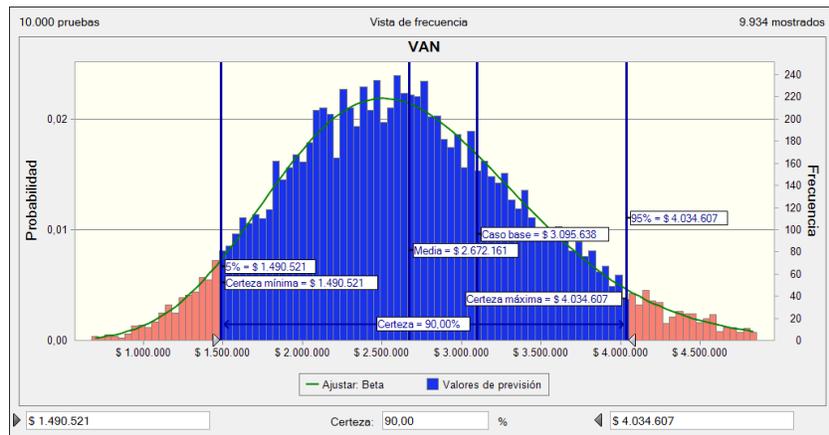


Gráfico 27. Certeza del VAN para mejoramiento 18 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.
Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

En relación al mejoramiento 14, si bien el análisis estático planteó un escenario óptimo con un VAN elevado, una vez que se efectúa la previsión con sensibilización dinámica, variables como tasa de ocupación, eficiencia del sistema toman mucha relevancia en la ocurrencia de resultados. Los ahorros de energía son insuficientes para generar resultados positivos del VAN y la inversión alta. Lo anterior se verificó con el análisis de tornado. (ver gráfico n°30)

En el mejoramiento M-18, el balance es positivo en términos de obtención de certeza. El VAN base está más cercano a la media y la certeza de obtener VAN>0 es en un rango mayor, por lo que hay ahorro económico potencial.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados agrupados por horizonte de evaluación, se deja fuera del análisis todos los resultados cuyo VAN<0.

CERTEZA ASOCIADA DE OBTENCIÓN DEL VAN POSITIVO BASE PARA LOS TRES HORIZONTES DE EVALUACION PARA LOS TRES ENERGETICOS.

EVALUACIÓN ECONÓMICA						
CERTEZA ASOCIADA DE OBTENCIÓN DEL VAN POSITIVO BASE PARA HORIZONTE DE EVALUACION A 10 AÑOS						
	Electricidad		Kerosene		Gas Licuado	
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 2	
MEJORA	A LA BAJA		PRECIO ACTUAL		PRECIO ACTUAL	
5%						
	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA
9	\$ 2.168.001	93,50%	\$ 249.802	2,65%	\$ 931.072	28,64%
13	\$ 1.931.170	81,21%	\$ -1.102.053	0,00%	\$ -24.769	0,00%
14	\$ 3.577.166	3,22%	\$ -102.645	0,00%	\$ 1.204.281	0,00%
18	\$ 3.095.638	61,46%	\$ -1.208.727	0,00%	\$ 320.017	4,24%

EVALUACIÓN ECONÓMICA						
CERTEZA ASOCIADA DE OBTENCIÓN DEL VAN POSITIVO BASE PARA HORIZONTE DE EVALUACION A 15 AÑOS						
	Electricidad		Kerosene		Gas Licuado	
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 2	
MEJORA	A LA BAJA		PRECIO ACTUAL		PRECIO ACTUAL	
5%						
	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA
9	\$ 2.958.509	98,52%	\$ 584.057	15,56%	\$ 1.427.370	67,38%
13	\$ 3.181.189	98,82%	\$ -573.500	0,00%	\$ 760.020	62,60%
14	\$ 5.093.649	17,32%	\$ 538.579	0,00%	\$ 2.156.364	0,16%
18	\$ 4.869.505	80,33%	\$ -458.672	0,00%	\$ 1.433.691	33,63%

EVALUACIÓN ECONÓMICA						
CERTEZA ASOCIADA DE OBTENCIÓN DEL VAN POSITIVO BASE PARA HORIZONTE DE EVALUACION A 20 AÑOS						
	Electricidad		Kerosene		Gas Licuado	
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 2	
MEJORA	A LA BAJA		PRECIO ACTUAL		PRECIO ACTUAL	
5%						
	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA	VAN BASE	CERTEZA
9	\$ 3.449.352	99,33%	\$ 791.603	27,99%	\$ 1.735.533	79,23%
13	\$ 3.957.352	99,72%	\$ -245.310	0,00%	\$ 1.247.313	79,97%
14	\$ 6.035.266	31,17%	\$ 936.729	0,00%	\$ 2.747.532	0,66%
18	\$ 5.970.938	99,90%	\$ 7.054	0,07%	\$ 2.125.194	50,93%

Tabla 69. Certeza asociada de obtención del VAN positivo base para los tres horizontes de evaluación para los tres energéticos. Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

Una vez efectuadas las evaluaciones, la mejora que tiene mayor perspectiva económica en términos de certeza de resultados positivos en los tres energéticos es la M-9.

Dependiendo del energético principal que se utilice en el segmento de estudio, la electricidad fue la que presentó mayor certeza de un VAN>0, el gas fue una alternativa intermedia y luego la parafina no fue una opción a considerar para un estudio de pre-factibilidad económica y luego incentivar una inversión cuyo usuario la ocupe como energético en calefacción.

En relación al horizonte de evaluación, se plantea la importancia de una mirada a largo plazo de este tipo de inversiones a fin de aumentar la certeza de la recuperación del capital.

Se efectuó un análisis de medición de peso de las variables de entrada en los resultados del VAN para un horizonte de evaluación a 10 años.

El valor de la elección del gráfico de tornado, permitió determinar gráficamente jerarquizar las variables que incidieron en la salida de resultados del VAN.

Una vez seleccionadas las variables y los parámetros se cambiaron para cada uno de ellas su valor, mientras las demás variables se dejaron en su valor original, se obtuvo un rango decreciente de menos a más incidente en los resultados del VAN esperadas por cada uno de las variables.

El método presenta los resultados en rangos representados como barras en una gráfica. Estas barras se ordenaron de manera decreciente, de más a menos extensa (esa gráfica se parece a un tornado) y así compararlas. Las más largas indicaron que el cambio de los valores de la variable que representan un mayor cambio en los rangos de resultados del VAN.

Es decir, que la importancia de esa variable para obtener una salida fue más grande cuanto más grande fue la barra correspondiente en el diagrama de tornado.

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE TORNADO PARA MEJORAMIENTOS EN HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS OCUPANDO PARAFINA

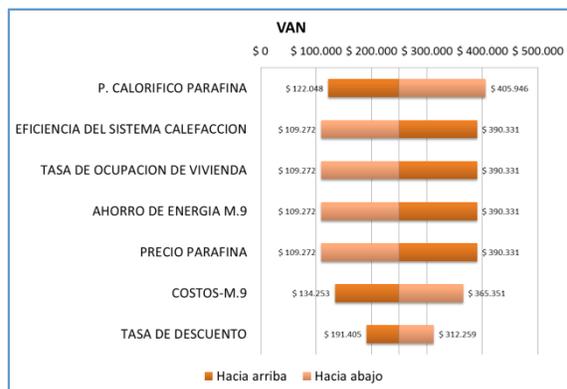


Gráfico tornado M-9. Calificación E.



Gráfico tornado M-13. Calificación C.



Gráfico tornado M-14. Calificación B.



Gráfico tornado M-18. Calificación A.

Gráfico 28. Cuadro resumen de análisis de tornado para mejoramientos en horizonte de evaluación a 10 años ocupando parafina. Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

Efectuando la simulación de cada una de las variables una a una y afectando a cada una de ellas un porcentaje de +/- 10% todas las variables descritas al inicio del acápite 5.4. Analizando las variables más importantes, en relación a los costos (inversión inicial) toman importancia en los mejoramientos M-13 y M-14 (VAN negativo), los que en no se compensan con lo ingresos. En los mejoramientos M-9 y M-18 de calificaciones D y A respectivamente, se situaron por bajo de variables de entradas como eficiencia del sistema de calefacción y eficiencia en términos de ahorro de energía del mejoramiento.

La variable del precio del energético, tomo mayor relevancia en cuyos VAN fue positivo (M-9 y M-18) y no así en los mejoramientos cuyo VAN fue negativo (M-13 y M-14).

En términos generales, se observó que hay variables de entrada como tasa de ocupación de la vivienda, la eficiencia del sistema de calefacción y el poder calorífico dependiente del energético que no dependen del manejo del sector inmobiliario sino que son condiciones de partida hacia la efectividad de estos mejoramientos.

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE TORNADO PARA MEJORAMIENTOS EN HORIZONTE DE EVALUACIÓN A 10 AÑOS OCUPANDO ELECTRICIDAD

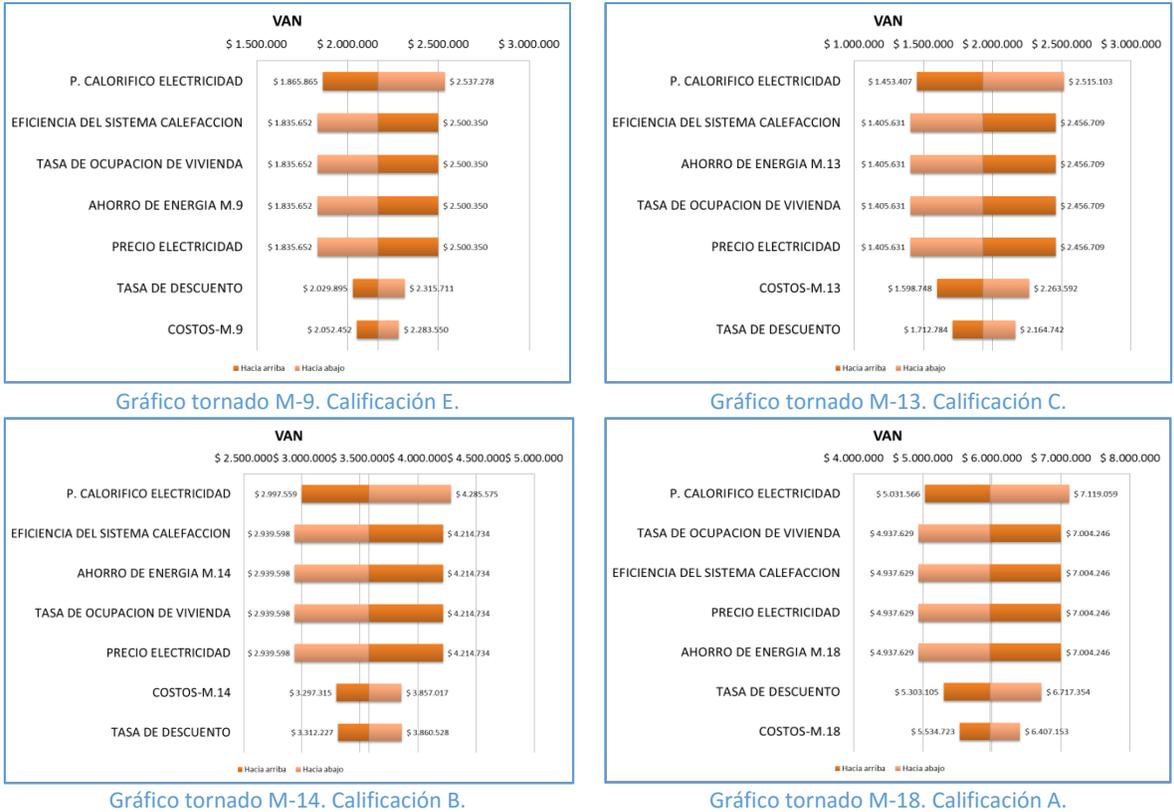


Gráfico 29. Cuadro resumen de análisis de tornado para mejoramientos en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad. Fuente: elaboración propia a partir de *Crystall Ball*.

Quando se comparó por energético el peso de la variable costos cambia. En el caso de la electricidad, el éxito de los mejoramientos no pasó por la inversión sino que por las variables que conforman los ingresos económicos que vienen del ahorro de energía. Luego del poder calorífico

de la electricidad, aspectos como: eficiencia del sistema de calefacción, tasa de ocupación y ahorro de energía tienen mayor importancia en los cambios del VAN.

Quedó de manifiesto que impulsar económicamente medidas de mejoramiento constructivo térmico cuya base energética para calefacción es electricidad, paso en la construcción de este modelo, por la eficiencia de los equipos.

Por otro lado, el segmento de estudio es clave para enfocar mejoramientos ya que la tasa de ocupación de la vivienda bajo situación de confort va de la mano con las restricciones de uso horario y el presupuesto que destine el usuario a calefacción. Se considera importante para el avance el monitoreo del régimen de ocupación de la vivienda, cuyos datos oficiales no se tuvo alcance.

5.5. Análisis de financiamiento para la ejecución de los mejoramientos.

Al no haber subsidios directo correspondiente a mejoramientos constructivos térmicos para viviendas nuevas, se planteó el análisis de un eventual subsidio a estas mejoras, se efectuó la rebaja en los costos y se sensibilizó respecto de los resultados del VAN.

A continuación se presentan las tablas de sensibilización por mejoramiento:

a) Mejoramiento 9.

CALCULO DEL VAN. SUBSIDIOS – INGRESOS ECONOMICOS

		COSTO ACTUAL		SUBSIDIOS		
		249.802	\$ 1.155.492	\$ -156.808	100	150
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 228.705	249.801	1.562.101	2.874.401	
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 235.566	291.960	1.604.260	2.916.560	
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 243.754	342.270	1.654.570	2.966.870	
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 339.579	931.072	2.243.372	3.555.672	
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 349.766	993.668	2.305.968	3.618.268	
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 361.923	1.068.367	2.380.667	3.692.967	
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 540.883	2.168.001	3.480.301	4.792.601	

Tabla 70. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°9. Fuente: elaboración propia.

b) Mejoramiento 14.

CALCULO DEL VAN. SUBSIDIOS – INGRESOS ECONOMICOS

		COSTO ACTUAL		SUBSIDIOS		
		-21.769	\$ 2.798.513	\$ 1.486.213	100	150
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 438.740	-102.645	1.209.655	2.521.955	
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 451.902	-21.769	1.290.531	2.602.831	
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 467.609	74.743	1.387.043	2.699.343	
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 651.436	1.204.281	2.516.581	3.828.881	
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 670.979	1.324.365	2.636.665	3.948.965	
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 694.301	1.467.665	2.779.965	4.092.265	
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.037.612	3.577.166	4.889.466	6.201.766	

Tabla 71. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°14. Fuente: elaboración propia.

c) Mejoramiento 13.

CALCULO DEL VAN. SUBSIDIOS – INGRESOS ECONOMICOS

		SUBSIDIOS			
		COSTO ACTUAL	50	100	150
		-1.102.053	\$ 3.324.224	\$ 2.011.924	\$ 699.624
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 361.648	-1.102.053	210.247	1.522.547
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 372.498	-1.035.388	276.912	1.589.212
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 385.445	-955.834	356.466	1.668.766
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 536.971	-24.770	1.287.530	2.599.830
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 553.080	74.214	1.386.514	2.698.814
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 572.304	192.334	1.504.634	2.816.934
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 855.291	1.931.170	3.243.470	4.555.770

Tabla 72. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.

Fuente: elaboración propia.

d) Mejoramiento 18.

CALCULO DEL VAN. SUBSIDIOS – INGRESOS ECONOMICOS

		SUBSIDIOS				
		SIN SUBSIDIO	50	100	150	
		-1.208.727	\$ 4.362.150	\$ 3.049.850	\$ 1.737.550	\$ 425.250
PARAFINA	E-1 ACTUAL	\$ 513.205	-1.208.727	103.573	1.415.873	2.728.173
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 528.601	-1.114.124	198.176	1.510.476	2.822.776
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 546.974	-1.001.232	311.068	1.623.368	2.935.668
GAS	E-1 ACTUAL	\$ 762.001	320.017	1.632.317	2.944.617	4.256.917
	E-2 ALZA INTERMEDIA 3%	\$ 784.861	460.482	1.772.782	3.085.082	4.397.382
	E-3 ALZA PROBABLE 6,58%	\$ 812.141	628.103	1.940.403	3.252.703	4.565.003
ELECTRICIDAD	E-1 A LA BAJA 5%	\$ 1.213.721	3.095.638	4.407.938	5.720.238	7.032.538

Tabla 73. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.

Fuente: elaboración propia.

Se sensibilizó el escenario más negativo con el uso de la parafina solo si se privilegiara la rentabilidad económica no tomando en razón lo contaminante del energético propio de estudios de interés ambiental que bien corresponde a una nueva línea de investigación, la sensibilización consideró cambios en la tasa de descuento y la incorporación de subsidios para el horizonte de evaluación crítico a 10 años, el análisis por mejoramiento se presenta a continuación:

a) Mejoramiento 9.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO - SUBSIDIOS

		\$ 249.802	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
SUBSIDIO	SIN SUBSIDIO	\$ 1.155.492	\$ 191.405	\$ 249.801	\$ 312.258	\$ 414.358	\$ 527.797	\$ 610.507	\$ 699.510	\$ 795.408	\$ 898.870
	50 (UF)	\$ -156.808	\$ 1.503.705	\$ 1.562.101	\$ 1.624.558	\$ 1.726.658	\$ 1.840.097	\$ 1.922.807	\$ 2.011.810	\$ 2.107.708	\$ 2.211.170
	100 (UF)	\$ -1.469.108	\$ 2.816.005	\$ 2.874.401	\$ 2.936.858	\$ 3.038.958	\$ 3.152.397	\$ 3.235.107	\$ 3.324.110	\$ 3.420.008	\$ 3.523.470

Tabla 74. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°9.

Fuente: elaboración propia.

b) Mejoramiento 14.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO - SUBSIDIOS

		\$	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
SUBSIDIO	SIN SUBSIDIO	\$ -21.769									
	50 (UF)	\$ 2.798.513	\$ -137.155	\$ -21.769	\$ 101.641	\$ 303.381	\$ 527.527	\$ 690.957	\$ 866.820	\$ 1.056.306	\$ 1.260.738
	100 (UF)	\$ 1.486.213	\$ 1.175.145	\$ 1.290.531	\$ 1.413.941	\$ 1.615.681	\$ 1.839.827	\$ 2.003.257	\$ 2.179.120	\$ 2.368.606	\$ 2.573.038
	150 (UF)	\$ 173.913	\$ 2.487.445	\$ 2.602.831	\$ 2.726.241	\$ 2.927.981	\$ 3.152.127	\$ 3.315.557	\$ 3.491.420	\$ 3.680.906	\$ 3.885.338

Tabla 75. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°14.

Fuente: elaboración propia.

c) Mejoramiento 13.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO - SUBSIDIOS

		\$	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
SUBSIDIO	SIN SUBSIDIO	\$ -1.102.053									
	50 (UF)	\$ 3.324.224	\$ -1.194.394	\$ -1.102.053	\$ -1.003.290	\$ -841.842	\$ -662.463	\$ -531.673	\$ -390.934	\$ -239.292	\$ -75.689
	100 (UF)	\$ 2.011.924	\$ 117.906	\$ 210.247	\$ 309.010	\$ 470.458	\$ 649.837	\$ 780.627	\$ 921.366	\$ 1.073.008	\$ 1.236.611
	150 (UF)	\$ 699.624	\$ 1.430.206	\$ 1.522.547	\$ 1.621.310	\$ 1.782.758	\$ 1.962.137	\$ 2.092.927	\$ 2.233.666	\$ 2.385.308	\$ 2.548.911

Tabla 76. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°13.

Fuente: elaboración propia.

d) Mejoramiento 18.

CALCULO DEL VAN. TASA DE DESCUENTO - SUBSIDIOS

		\$	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
SUBSIDIO	SIN SUBSIDIO	\$ -1.208.727									
	50 (UF)	\$ 4.362.150	\$ -1.339.767	\$ -1.208.727	\$ -1.068.576	\$ -839.469	\$ -584.916	\$ -399.317	\$ -199.598	\$ 15.593	\$ 247.758
	100 (UF)	\$ 3.049.850	\$ -27.467	\$ 103.573	\$ 243.724	\$ 472.831	\$ 727.384	\$ 912.983	\$ 1.112.702	\$ 1.327.893	\$ 1.560.058
	150 (UF)	\$ 1.737.550	\$ 1.284.833	\$ 1.415.873	\$ 1.556.024	\$ 1.785.131	\$ 2.039.684	\$ 2.225.283	\$ 2.425.002	\$ 2.640.193	\$ 2.872.358
	200 (UF)	\$ 425.250	\$ 2.597.133	\$ 2.728.173	\$ 2.868.324	\$ 3.097.431	\$ 3.351.984	\$ 3.537.583	\$ 3.737.302	\$ 3.952.493	\$ 4.184.658

Tabla 77. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°18.

Fuente: elaboración propia.

Se reconoce lo poco eficiente del energético en términos de resultados hacia la máxima obtención de calificación.

La baja de los costos de inversión por el subsidio, hace más accesible a la demanda optar por un producto inmobiliario con mejor desempeño térmico. Sin embargo si el objetivo es mejorar el confort térmico del usuario y reducir la exposición a contaminación al interior de la vivienda y potenciales enfermedades respiratorias, no es una estrategia a potenciar para la sustitución de los energéticos más contaminantes por la electricidad

Queda analizar en otro estudio particular a futuro una estructuración tarifaria diferenciada enfocada por segmento para potenciar equipos de mayor eficiencia y así lograr la meta de menor contaminación intra-domiciliaria.

5.6. Conclusiones parciales.

En relación a los costos, desde la mirada del inversor, significó una reducción de la TIR de hasta 10,3% aproximadamente, cuando se propuso un producto inmobiliario con calificación A máxima. Planteado otro escenario, una reducción del área de ventanas de 15,85 a 12,64m² redujo los costos pero no fue consistente para mejorar la aplicabilidad completa de todos los mejoramientos.

Para conservar los rangos de rentabilidad para el producto de estudio, el aumento de precio de venta es desde 1604 hasta 1768 UF equivalente a un incremento de 3,55% para ascender a letra D y hasta 12,5% para calificación A. Se deberá investigar si la demanda estará dispuesta a reconocer el atributo de la eficiencia energética en términos de disposición de pago.

En relación a la incidencia de los aumentos de costos de mejoramientos respecto al VAN, el ocupar parafina no incentivo el ejecutar los M-13, M-14 y M-18, excepto el mejoramiento n°9, en todos los escenarios de precios. Al utilizar gas licuado los resultados del VAN son mixtos, y la electricidad es el único energético que tiene todos los resultados positivos.

Una vez analizada la incidencia de la tasa de descuento, no fue relevante en los resultados positivos del VAN en todos los mejoramientos, lo cual no incentiva la sustitución de los energéticos más contaminantes como parafina y gas licuado porque presentaron rentabilidad.

Una vez efectuado el análisis estático y detectado las variables de entrada que encierran incertidumbre para los rangos de resultados positivos del VAN, tuvieron mayor incidencia los factores que determinan los ingresos económicos por sobre el la inversión inicial.

En términos de incidencia de las variables, se comprobó para este modelo de estudio: a mayor precio del energético fue menor la incidencia de los costos de la inversión en un VAN mayor a cero.

En general, de los mejoramientos propuestos, el M-9 entrega mayores certeza de un VAN>0. Comparados los energéticos entre sí, la electricidad entrega mayores posibilidades de ocurrencias de un VAN>0, en contraste al gas licuado y parafina.

Las variables como: tasa de ocupación de la vivienda, eficiencia del sistema de calefacción y poder calorífico del energético, necesariamente definen un estudio en detalle por afectar en mayor forma los ingresos económicos, por sobre el ahorro [kWh/año] bruto de energía.

La ausencia de financiamiento directo para medidas de mejoramiento constructivo térmico en viviendas nuevas, es una barrera económica de entrada, sin embargo un subsidio de 50 UF o más mejoró las perspectivas de rentabilidad en todos los mejoramientos. Sin embargo desde el punto de vista de la salud pública y confort térmico; no impulsó la sustitución de los energéticos como la parafina y gas licuado por la electricidad.

Conclusiones.

En vista de los antecedentes; resultados expuestos y considerando la racionalidad económica de los agentes, en respuesta a la hipótesis; las medidas de mejoramiento constructivo térmico contenidas en el programa de Calificación Energética de Viviendas Nuevas no fueron viables económicamente para la oferta y la demanda del producto inmobiliario evaluado, ya que las metas de ahorro económico para el segmento social C2-C3, no lograron impactar como atributo relevante. Si bien los fundamentados mejoramientos constructivos propuestos enmarcados en el programa CEV fueron viables de ejecutar técnicamente y se lograron las metas de ahorro de energía con la consiguiente reducción de la demanda de 59% y el consumo potencial disminuyó hasta el 70%, los resultados del VAN del modelo evaluado a 10-15 y 20 años probado en esta tesis no fueron consistentes en demostrar la existencia de beneficios económicos, ya que el régimen horario de operación de la calefacción fue menor al óptimo para lograr confort consistente a 18 grados, no percibiéndose ahorros de dinero en el presupuesto familiar, lo cual no constituyó un atributo relevante en la decisión de compra.

En base al análisis, revisión y síntesis de la oferta oficial publicada por el MINVU para sectores medios, visita a terreno y comprobación de oferta en el mercado, se determinó que el producto inmobiliario principal para el segmento C2-C3 fue la vivienda pareada en dos pisos construida en albañilería armada, cuya localización preferente fueron las comunas periféricas del Gran Santiago. La mayor oferta de proyectos para el segmento se ubicó en Lampa, con un precio de venta de 1547,5 UF para el caso base.

La caracterización térmica de la oferta permitió analizar, sintetizar y filtrar del Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU las pertinentes al sistema constructivo de albañilería armada en la zona térmica tres, por lo cual fueron seleccionadas cuatro medidas de mejoramiento térmico logrando identificar el ahorro energético en cada uno de ellos, cuyo ahorro de energía fue de 70% máximo con la calificación A superior respecto al caso base, solo interviniendo los elementos de la envolvente comprobándose la factibilidad técnica con los recursos profesionales y materiales existentes en el mercado y la actual reglamentación térmica el alcanzar las metas de ahorro según la calificación energética hasta la letra A.

Una vez seleccionados los cuatro mejoramientos y efectuado el análisis del modelo económico, para identificar y jerarquizar las variables relevantes en los resultados del VAN, la multiplicidad de estas hizo necesaria la inclusión de una metodología de análisis de carácter dinámico para establecer la relación jerárquica de factores incidentes en los resultados positivos del VAN.

La evaluación integrada de las variables, permitió agruparlas en cuatro categorías principales: (1) las variables territoriales climatológicas, que caracterizaron la zona térmica, (2) las de naturaleza morfológica relativas al producto principal de la zona de estudio, (3) aquellas variables relacionadas al régimen de operación de la vivienda, (4) y factores relacionados a la elección y uso de energéticos.

En relación a las primeras, estas definieron el marco de acción normativo que permitió la síntesis y aplicación de las medidas pertinentes asociadas al sistema constructivo principal y la zona de estudio, constituyendo el marco inicial del análisis.

Las variables de naturaleza morfológica del producto, como por ejemplo: los escenarios de cambios en la orientación óptima y la reducción de superficie de vanos, no fueron relevantes en la mejora del desempeño térmico y posterior calificación debido a que no significó un ahorro importante de energía. Sin embargo podría constituir una línea de investigación para la mejora de productos inmobiliarios en la medida que confluyan otros parámetros de análisis térmico asociado a la calidad ambiental, como por ejemplo: reducción del nivel de infiltraciones, condensación, y puentes térmicos, implementación de monitoreo del confort térmico y ambiental cuando la vivienda está habitada.

Una vez efectuado el análisis dinámico, el gráfico de tornado mostró que las variables de mayor incidencia en los resultados del VAN al ocupar la electricidad como energético, fueron las relacionadas al régimen de operación de la vivienda, destacando: el poder calorífico, la eficiencia del sistema y la tasa de ocupación de la vivienda.

En relación a la elección y uso de energéticos, el precio tuvo relevancia, ya que un escenario óptimo de ocupación de la vivienda en régimen de confort continuo, utilizando electricidad elevó los resultados del VAN por sobre cero en todos los escenarios, debido al mayor precio unitario.

Comparando el gas licuado y uso de parafina entre sí, hubo diferencias de hasta el 73% bajo el escenario de precios actuales de los energéticos. Además que; (1) la capacidad de elección del energético en uso por parte del usuario, (2) la tasa de ocupación de la vivienda bajo calefacción, (3) eficiencia y poder calorífico del energético, determinaron amplios rangos de resultados del VAN; con valores mínimos de \$249.802 ocupando parafina hasta \$2.861.958 utilizando electricidad, equivalente a 11,4 veces para el mismo mejoramiento y horizonte de evaluación.

Una vez construido el flujo de caja y evaluado económicamente el modelo con los mejoramientos constructivos de aislamiento térmico n°9, 13, 14 y 18; los resultados fueron dispares en términos de garantizar y generalizar una rentabilidad debido a la volatilidad de los precios de cada energético. De acuerdo a lo anterior, se confirmó la necesaria mirada a largo plazo para la recuperación del capital con inversiones en eficiencia energética al ocupar aquellos de menor precio unitario.

El *payback* confirmó períodos de recuperación menor para la electricidad y gas licuado, cuando se contrastó con la alternativa de parafina. Por ejemplo, al ocupar electricidad el rango fue de dos a cuatro años para la recuperación del capital, al utilizar gas licuado fue de cuatro a diez, y al usar parafina, el período mínimo comenzó desde los siete años a más de veinte años, considerando un escenario general de régimen de ocupación de 100% de la vivienda con calefacción durante seis meses para la zona térmica tres. Por lo tanto, de reducir las horas de calefacción y uso de los equipos a menor temperatura los resultados positivos del VAN serán menores.

Desde la perspectiva del cliente a través del modelo probado se potenció la electricidad como futuro sustituto frente al gas licuado y parafina, debido a aspectos como: rentabilidad potencial, certeza de resultados de un $VAN > 0$ cercanos al 90% y *Payback*, menor en relación a los otros energéticos y mayores beneficios en términos de salud y confort.

En vista de los antecedentes y habiendo analizado los distintos escenarios de evaluación económica, el análisis costo-beneficio para el caso de estudio, concluyo que no hay beneficio económico por implementar las progresivas mejoras constructivas debido a que los ahorros de

energía fueron insuficientes, si bien se alcanzó una certeza del 90% promedio de probabilidad de rangos positivos del VAN cuando se ocupó electricidad, la presencia de otras variables abrieron incertidumbre de los resultados cuando se ocupó los energéticos de gas licuado y parafina.

Por lo tanto los resultados, no fueron consistentes en afirmar que se recuperara el capital para el comprador debido a los factores detectados que incidieron en la determinación de los ingresos económicos por ahorro energético. En consecuencia, el beneficio económico es de carácter potencial para el caso de estudio, y el mayor confort y calidad ambiental se volvieron beneficios cualitativos que dependieron del comportamiento del segmento social-económico C2-C3 de estudio y el dinero que destine en el presupuesto familiar para sustituir los energéticos más contaminantes.

Se comprobó por las variables de estudio que el comportamiento del usuario fueron una barrera relevante en el avance de la medición de metas crecientes de ahorros económicos, de energía y bienestar por confort térmico que busca la calificación energética.

Considerando la importancia de la salud pública como eje del programa, la sustitución de los energéticos más baratos y contaminantes por otro de mayor precio como la electricidad, no siempre ofrecerá retornos económicos en el corto plazo, ya que según especialistas consultados, la satisfacción completa de las necesidades de calefacción tiene que ver con el avance paulatino de otros indicadores de desarrollo humano que están por sobre los objetivos de este programa puntual.

Desde la mirada del inversionista, y considerando la racionalidad del agente económico, no se debe alentar la inversión hasta que se haya monitoreado el perfil energético de la demanda para el GSE en cuestión y sistematizada la respuesta del mercado en esta zona térmica de estudio.

Se concluye que el monitoreo del régimen real de calefacción para los distintos segmentos sociales es fundamental para el análisis de potenciales beneficios económicos que podría ofrecer este programa en todos los GSE.

El entrar a competir como atributo relevante en la decisión de compra implica que la demanda asimile beneficios cuantificables a la hora de la compra de una vivienda con calificación y esté dispuesto a pagar el incremento de precio por un mejor producto, solo lo anterior alentarán al desarrollador inmobiliario para incorporar estas medidas como elemento diferenciador en sus proyectos.

Por lo tanto, la discusión pasa en no ofrecer garantías de retornos económicos directos, sino que; el valor del programa CEV radica en aumentar la calidad de vida de las familias, habitabilidad así como favorecer la duración de las viviendas.

Líneas futuras de trabajos.

Analizar y sistematizar un abanico amplio de alternativas de mejoramientos constructivos para distintas línea de productos inmobiliarios dirigidos a diferentes segmentos sociales, según sistemas de agrupamientos por zonas térmicas.

Profundizar en las relaciones volumétricas entre productos por segmento de mercado a fin de detectar preferencias de sistemas de calefacción y mejoras de diseño, y por otro lado analizar cómo se ven afectados los precios de venta hacia una estrategia de comercialización y marketing.

Finalmente monitorear la respuesta del mercado a la reventa de productos que se hayan calificado energéticamente no solo para el segmento vivienda, sino también otros destinos como oficinas que hoy carecen de reglamentación específica en el Art. 4.1.10 de la O.G.U.C.

Bibliografía.

- A., F., & P., C. (2009). *Sistema de Calificación Energética de Viviendas*. Universidad de Concepción.
- Alvarado, G., Celis, F., Echeverría, E., Oyola, E., Sanchez, R., & Trebilcock, K. (2013). validación del reacondicionamiento térmico de viviendas para la reconstrucción pos-terremoto 2010. Dichato, Chile. *revista de la construcción vol. 12 no. 2*, 1-11.
- Asociación de investigadores de mercado. (2015). *Como clasificar los grupos socioeconómicos en Chile*. Santiago.
- Aydin, E., Brounen, D., & Kok, N. (2015). Capitalization of Energy Efficiency in the Housing Market.
- Boardman, B. (1991). Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth. 23.
- Brounen, D., & Kok, N. (2011). On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 13.
- Brounen, D., & Kok, N. (2011). On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 166-179.
- Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago: Minvu-Ditec, Programa País Eficiencia Energética (CNE).
- Cámara Chilena de la Construcción. (2016). *Informe de actividad 1° Trimestre 2016*. Mercado Inmobiliario.
- Cdt-Cchc-Minvu-Corfo. (2015). *Segunda Encuesta de Construcción Sustentable*.
- Celis, F., Escordia, O., Diaz, M., Garcia, R., & Echeverría, E. (2012). Incidencia de la Forma y Envoltorio en el Desempeño Térmico de las Viviendas del Centro-Sur de Chile. *Habitat Sustentable*, 19-33.
- Celis, F., Escoria, O., Diaz, M., Echeverría, E., & Garcia, R. (2012). Incidencia de la Forma y Envoltorio en el Desempeño Térmico de las Viviendas del Centro-Sur de Chile. *Habitat Sustentable*, 15.
- Centro de Despacho Económico del Sistema Interconectado Central. (2015). *Estudio de Previsión Demanda 2015-2030 (2050)*. Santiago: CDEC SIC.
- Centro de investigación social un Techo para Chile. (2013). *Vulnerabilidad y equidad: el aporte de la eficiencia energética*. Santiago.
- Centro Nacional de Medio Ambiente de la Universidad de Chile. (2011). *Evaluación de Impacto Atmosférico de Sistemas de calefacción Domiciliaria*.
- CEPAL. (2014). *Pobreza energética en América Latina*. Santiago.
- Climate Policy Initiative. (Agosto 2011). *The Effectiveness of Energy Performance Certificates- Evidence from Germany*. Berlin.

- Comisión Nacional de Energía. (2008). *Política Energética. Nuevos Lineamientos*. Gobierno de Chile.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico, C. (2010). *Consumo de energía residencial a nivel país. Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial*. Santiago.
- Decon, UC. (2016). Curso Evaluadores Energéticos. En U. Decon (Ed.). Santiago.
- Department for Communities and Local Government. (2015). *English Housing Survey headline Report 2013-14*.
- Dwellings, T. G. (15 de Octubre de 2015). *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings*. Obtenido de bre.co.uk: <http://www.bre.co.uk/index.jsp>
- Efficiency Valuation Organization. (2009). *International Energy Efficiency Financing Protocols*.
- Encinas, F. (2014). Atributos de Eficiencia Energética y Sustentabilidad en el Mercado Inmobiliario Residencial. *Seminario Programa Innovación en Construcción Sustentable* (pág. 13). Santiago.: Cedeus. Universidad Católica de Chile.
- Escoria, O., García, R., T, Trebilcock, M., & Bruscato, U. (2012). Mejoramiento de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile. *Informes de la Construcción Vol.64*, 563-574.
- Escoria, O., García, R., Trebilcock, M., Celis, F., & Bruscato, U. (2012). Mejoramiento de envolvente para la Eficiencia Energética de viviendas en el centro-sur de Chile. *Informes de la Construcción*, 11.
- Estadísticas, Instituto Nacional de. (2015). *Estadísticas Mensuales de Edificación Aprobada*.
- Galiano Garrigós, A. (2013). *Análisis comparado de las metodologías de evaluación y certificación del comportamiento energético de los edificios en la unión europea*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Galiano, A. (2013). *Análisis Comparado de las Metodologías de Evaluación y Certificación del Comportamiento Energético de los Edificios en la Unión Europea*. Universidad de Alicante, Alicante.
- Gerber, A., Hempel, R., Hatt, T., & Saelzer, G. (2012). Alto confort interior con mínimo consumo energético a partir de la implementación del estándar "Passivhaus" en Chile. *Revista de la Construcción vol.11 no.2*, 1-15.
- Hatt, T. (2012). *El estándar Passivhouse en el centro sur de Chile. Un estudio paramétrico multifactorial*. Concepción.
- Hyland, M., Lyons, R., & Lyons, S. (2013). The value of domestic building energy efficiency — evidence from Ireland. *Energy Economics*, 40, 943–952.
- IIT – Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Asistencia Técnica. –Universidad de Concepción. (2009). *Sistema de Certificación Energética de Viviendas*. Concepción.

- INN. (2008). *NCh.1079-2008. Mapa de la Zonificación climática habitacional*.
- International Energy Agency. (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases esenciales para el establecimiento de políticas*. OCDE, AIE.
- Kehoe, S., & Yutko, H. (s.f.). *Energy Efficiency and Conservation: a Paradox*. 2.
- LLamas, P. L. (2009). Eficiencia Energética y Medio Ambiente. *Economía y Medio Ambiente*, 5.
- Martínez Wegertseder, P., & Kelly, M. (2015). Integración de criterios de desempeño en el mejoramiento energético-ambiental de viviendas sociales existentes en Chile. *Ambiente Construido*, v.15 n.2.
- MINVU. (2006). *Manual de Aplicación reglamentación térmica MINVU ordenanza general de urbanismo y construcciones Artículo 4.1.10*.
- Minvu. (2013). *Resolución Exente N°8016*. Diario Oficial.
- MINVU. (2013). *Resolución Exente N°8016*. Diario Oficial.
- Minvu. (14 de 07 de 2016).
http://www.normativaconstruccion.cl/documentos_sitio/37845_Planos_Manual.pdf.
Obtenido de
http://www.normativaconstruccion.cl/documentos_sitio/37845_Planos_Manual.pdf
- MINVU. (Febrero 2015). *Informe Técnico de Calificación Energética de Viviendas*.
- Minvu. (Octubre, 2015). *Informe Técnico de Calificación Energética de Viviendas*. Técnico, Santiago.
- Minvu-Ditec. (2013). *Sistema de Calificación Energética de Viviendas*.
- MINVU-DITEC. (Abril de 2014). *calificacionenergetica.cl*. Recuperado el 09 de Octubre de 2015
- Mires, C. (2014). Pobreza Energética, desafíos de política para Chile. *CED, Centro de Estudios del Desarrollo*.
- Muñoz, J., & Soto, J. (2014). Evaluación de Mejoramiento de Muros mediante Simulación Energética y Análisis de LCC para Viviendas de Construcción Frecuente en Chile. *Habitat Sustentable*, 20.
- O2B Consultores. (Noviembre 2013). *Informe Final. Estudio de los Beneficios Económicos y Sociales de utilizar Tecnología Solar Térmica para el Calentamiento de Agua Sanitaria para Uso Residencial en Viviendas Nuevas en Chile*. PNUD.
- Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020. (2010). *Estudio de Bases para la Elaboración de un Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020*. Santiago.
- PPEE. (2010). Informe Final: Estudio de Mercado de la Eficiencia Energética en Chile. 446.
- Sáenz de Miera, G., & Muñoz Rodríguez, M. (2009). La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio. 26.

- Sanstad, A., & Howarth, R. (1994). Consumer Rationality and Energy Efficiency. *Energy Policy* .
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Colombia: McGraw Hill.
- Segovia, O. M. (2014). *Un análisis económico de la eficiencia energética*.
- SERNAC. (2012). *Radiografía al presupuesto familiar 2012 en Chile*. Santiago.
- Steinbach, J., & Fraunhofer, F. I. (2015). *Discount rates in energy system analysis Discussion Paper*.
- Subsecretaria de Vivienda y Urbanismo. MINVU. (2015). *Informe técnico calificación energética de viviendas (CEV)*. Santiago.
- Wyngard, H. R. (Julio 2015). *El Costo de la Energía en Chile*.

Figuras.

Figura 1. Presentación (MINVU-DITEC, 2014).....	8
Figura 2 Ejemplo de certificado de eficiencia energética en Inglaterra.....	20
Figura 3. Evaluación de la Importancia de la Eficiencia Energética en decisión de compra en Alemania.	23
Figura 4. Relaciones entre actores.	30
Figura 5. Desarrollo metodológico para efectuar sensibilización de costo beneficio para medidas constructivas de mejoramiento térmico. Fuente: elaboración propia.	31
Figura 6. Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. CDT-MINERGI, 2010.....	32
Figura 7. Parámetros básicos a considerar en la simulación. Fuente Elaboración propia a partir de catastro MINVU.....	42
Figura 8. Estructura jerárquica PNAEE. Fuente (Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020, 2010)	45
Figura 9. Trayectoria de las distintas acciones hacia las mejoras constructivas térmicas. Fuente: (DECON, UC, 2016).....	45
Figura 10 Ciclo de vida “Consumo energético” de una construcción. Fuente: propia.	46
Figura 11. Escala de calificación propuesta por MINVU.	47
Figura 12. Etiqueta de la calificación energética en Chile. (MINVU-DITEC, 2013).....	48
Figura 13. Ahorros económicos presentados por la CEV por la mejora progresiva de calificación..	49
Figura 14. Campos a llenar en relación a la individualización de la vivienda.....	51
Figura 15. Datos generales de la vivienda, y elección de zona térmica y tipo de vivienda.....	51
Figura 16. Casillas a llenar con la descripción de las soluciones constructivas térmicas a aplicar a los casos.	52
Figura 17. Campos a llenar conforme a detalle de sistemas a ocupar.....	53
Figura 18. Dimensiones de la vivienda a evaluar.	54
Figura 19. Transmitancia por elemento a ingresar en la herramienta excel. (al interior de cuadro azul).	55
Figura 20. Selección de método de simulación propuesto. Fuente propia.	55
Figura 21. Tabla soluciones constructivas comparadas.	57
Figura 22. Propuesta de medidas de mejoramiento constructivo térmico para ascender en la calificación energética. Fuente: (Minvu-Ditec, 2013)	64
Figura 23. Consumo de energía terciaria de simulación del caso base.	64
Figura 24. Segmento socioeconómico para el caso base. Fuente: información Encuesta casen 2013 entregada por la Asociación de Investigadores de Mercado. Fecha diciembre 2015.	70
Figura 25. Ahorro anual por calificación. (MINVU-DITEC, 2013).	89

Tablas.

Tabla 1. Consumo energético de calefacción por vivienda por Zona Térmica para los quintiles IV y V. Fuente: Propuestas para un programa de eficiencia energética en viviendas existentes en Chile. Monografías del BID 342. Año 2015.	26
Tabla 2 Resumen de indicadores principales (Valor promedio)	32
Tabla 3. Permisos de edificación RM.	35
Tabla 4. Estructura predominante de las viviendas calificadas a fecha 15.10.15.....	36
Tabla 5. Fuente: Catastro de localización de proyectos por comuna en base a Nómina de Proyectos Aprobados y Contactos en las Salas de Ventas para 2016 del MINVU. Síntesis elaboración propia.	38
Tabla 6. Número de proyectos por tramos de venta de viviendas en RM, en base a Nómina de Proyectos Aprobados y Contactos en las Salas de Ventas para 2016. Fuente: MINVU. Elaboración propia.	39
Tabla 7. Caracterización de la tipología de programas de las viviendas en relación a nº dormitorios y nº de baños. Fuente: Elaboración propia a partir de catastro del MINVU.....	39
Tabla 8. Número de proyectos desagregado por nº de dormitorios y nº de baños por comuna.	39
Tabla 9. Precio promedio de ventas (UF) por comuna según tipología de viviendas.	40
Tabla 10 .cantidad de proyectos por sistema constructivo según tipología de vivienda.	41
Tabla 11. Precio promedio de venta por sistema constructivo según tipología de vivienda	41
Tabla 12 Superficie promedio de construcción ofertada separada en tramos por tipología.	42
Tabla 13 Superficie de terreno promedio ofertada por bandas de construcción ofertada.....	42
Tabla 14. Exigencias térmicas establecidas en Art. 4.1.10 O.G.U.C. se destaca la que rige en Santiago.....	44
Tabla 15. Porcentaje máximo de superficie para doble vidriado hermético según zona térmica....	44
Tabla 16. Porcentaje máximo de superficie para vidrio monolítico según zona térmica. Fuente: Art. 4.1.10 O.G.U.C.....	44
Tabla 17. Campos a llenar conforme a detalle de medidas de mejoramiento constructivo.	52
Tabla 18. Descripción sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.	53
Tabla 19. Dimensiones de la vivienda.	54
Tabla 20. Selección de medidas constructivas para albañilería. Fuente: Listado de soluciones de acondicionamiento térmico en Chile. (MINVU, 2016)	57
Tabla 21. Resumen de descripción de elementos de la envolvente enumerados por mejoramiento constructivo térmico.	59
Tabla 22 Porcentajes de consumo para asignar etiquetado por las 7 zonas térmicas. Fuente: (MINVU, 2013)	61
Tabla 23. Definición de metodología de cálculo para demanda de energía final y resultados generales.....	61
Tabla 24. Se destaca en rojo el caso base al cual se aplican las mejoras constructivas térmicas. Fuente: Elaboración propia en base a herramienta CEV y Listado Oficial de Soluciones de Acondicionamiento Térmico del MINVU, 2016.	62
Tabla 25. Resultado de consumo una vez aplicado los mejoramientos térmicos.	63

Tabla 26. Calificación arquitectura+equipos+tipo de energía (%de consumo de energía). Fuente; MINVU,2013.....	65
Tabla 27. Síntesis de resultados de simulación y asignación de calificación a los mejoramientos constructivos térmicos.	66
Tabla 28. Principales tipos energéticos en zona térmica 3 (fondo rojo). Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial 2010.	71
Tabla 29. Situación comparativa entre consumos reales frente a consumo teórico en calefacción una vez efectuadas las progresivas mejoras constructivas térmicas. Fuente: elaboración propia en base a herramienta CEV y Encuesta Presupuestos Familiares, SERNAC 2012.	73
Tabla 30. Consumo de energía estimado para caso base en sus respectivas orientaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta de calificación MINVU.....	81
Tabla 31. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, caso base Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.	82
Tabla 32. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 9 Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.	82
Tabla 33. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 13. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.	83
Tabla 34. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 14. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.	84
Tabla 35. Comparación entre orientaciones y disminución de superficie de ventanas y la incidencia en los resultados de demanda y consumo, mejoramiento 18. Fuente: Elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV.	84
Tabla 36. Calificación de Arquitectura (demanda de energía en calefacción) Fuente: (MINVU-DITEC, 2014)	85
Tabla 37. Calificación Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía (consumo de energía terciaria). ..	85
Tabla 38. Presupuesto familiar desagregado por grupo socioeconómico. Fuente: (SERNAC, 2012)	90
Tabla 39. Porcentaje de ingreso familiar por grupo socio económico destinado a calefacción.	92
Tabla 40. Fuente: elaboración propia a partir de (%) de gastos de la encuesta: Radiografía al Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.....	95
Tabla 41. Brecha económica entre consumo real estimado y consumo teórico en régimen de confort por energético. Fuente: elaboración propia en base a simulación herramienta CEV y datos de encuesta de Presupuesto familiar 2012 del SERNAC.	95
Tabla 42. Precio estimado de crudo WTI a mediano plazo. Fuente: Elaboración propia a partir de informe <i>World Oil Outlook</i> de la OPEC año 2015.....	97
Tabla 43. Costo de la energía para los tres energéticos principales para Lampa.	98
Tabla 44. Ahorros de energía alcanzados para cada mejora constructiva térmica. Fuente: elaboración propia a partir de herramienta CEV para una vivienda pareada de 51,7 m ² en zona térmica tres.	99
Tabla 45. Proyección de ingresos económicos por concepto de ahorro de energía ocupando parafina	102

Tabla 46. Proyección de ingresos económicos por concepto de ahorro de energía ocupando gas licuado	103
Tabla 47. Proyección de ingresos económicos por concepto de ahorro de energía ocupando electricidad	104
Tabla 48. Costo de construcción con IVA de mejoras para ascender en la calificación energética. Fuente: elaboración propia a partir de datos de CDT de la CChC, abril 2016.....	107
Tabla 49. Evaluación económica para mejora 9. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.	108
Tabla 50. Evaluación económica para mejora 9. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.	109
Tabla 51. Período de recuperación dinámico para mejora 9. Tasa de descuento de 10%.	109
Tabla 52. Evaluación económica para mejora 13. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.	110
Tabla 53. Evaluación económica para mejora 13. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.	110
Tabla 54. Período de recuperación dinámico para mejora 13. Tasa de descuento de 10%.	110
Tabla 55. Evaluación económica para mejora 16. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.	111
Tabla 56. Evaluación económica para mejora 16. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.	111
Tabla 57. Período de recuperación dinámico para mejora 16. Tasa de descuento de 10%.	111
Tabla 58. Evaluación económica para mejora 18. VAN para los tres escenarios por cada tipo energético.	112
Tabla 59. Evaluación económica para mejora 18. TIR para los tres escenarios por cada tipo energético.	112
Tabla 60. Período de recuperación dinámico para mejora 18. Tasa de descuento de 10%.	113
Tabla 61. Sensibilización del VAN. Inversión inicial- Ingresos económicos Mejoramiento n°9.	120
Tabla 62. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°9. Fuente: elaboración propia.....	121
Tabla 63. Sensibilización del VAN. Inversión inicial- Ingresos económicos Mejoramiento n°14. Fuente: elaboración propia.....	121
Tabla 64. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°14.	121
Tabla 65. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.	122
Tabla 66. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.	122
Tabla 67. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.	122
Tabla 68. Sensibilización del VAN. Tasa de descuento- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.	123
Tabla 69. Certeza asociada de obtención del VAN positivo base para los tres horizontes de evaluación para los tres energéticos. Fuente: elaboración propia a partir de <i>Crystall Ball</i>	127

Tabla 70. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°9. Fuente: elaboración propia.	130
Tabla 71. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°14. Fuente: elaboración propia.	130
Tabla 72. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°13.	131
Tabla 73. Sensibilización del VAN. Subsidios- Ingresos económicos Mejoramiento n°18.	131
Tabla 74. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°9.	131
Tabla 75. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°14.	132
Tabla 76. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°13.	132
Tabla 77. Sensibilización del VAN. Subsidios- Tasa de descuento Mejoramiento n°18.	132

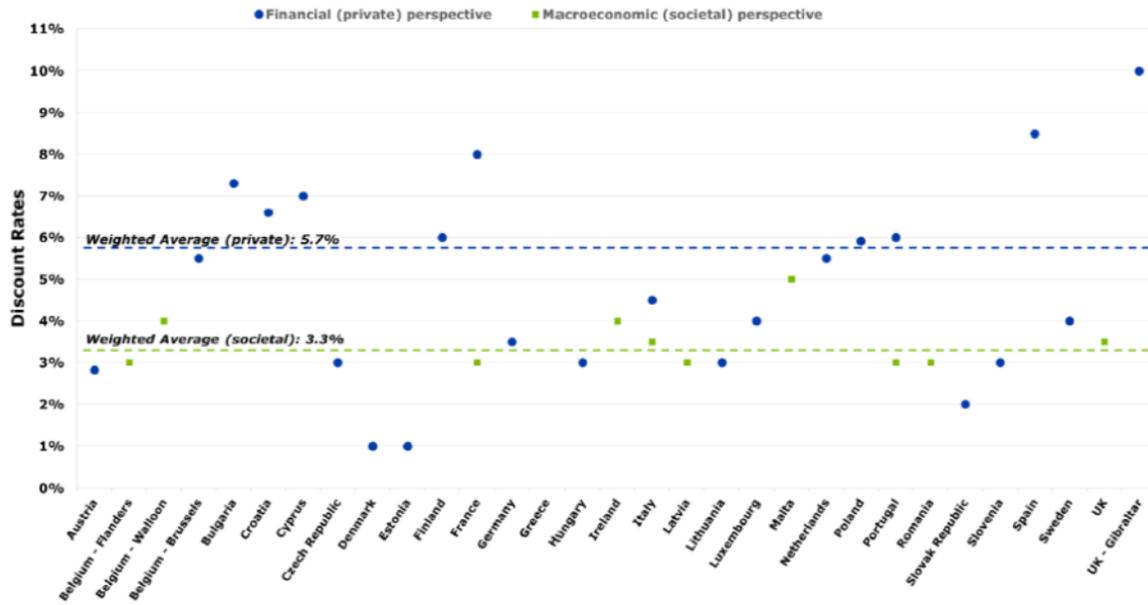
Gráficos.

Gráfico 1. Consumo y demanda promedio de energía según zona térmica por kWh/m ² año.....	33
Gráfico 2. Parque construido de viviendas asociado por zona térmica año 2010.....	35
Gráfico 3. Materialidad de viviendas.....	36
Gráfico 4. Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial.....	37
Gráfico 5. Demanda del caso base en relación a demanda una vez aplicados los mejoramientos..	62
Gráfico 6. Ingreso mensual en deciles para la demanda de estudio. Fuente: Encuesta CASEN 2013.	70
Gráfico 7. Equipos por combustible a nivel nacional. Fuente: CDT y MINERGI, año 2015.....	71
Gráfico 8. Reducción de la brecha entre consumo real anual consumo (kWh/m ² año) bajo situación de confort por aplicación de mejoramientos constructivos térmicos. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV y cifras de encuesta Presupuestos Familiares del SERNAC 2012.....	74
Gráfico 9. Consumo real estimado para GSE C2-C3 sujeto de estudio en relación a consumo entregado por simulación CEV. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Encuesta de Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.....	74
Gráfico 10. Comparación de brechas entre consumo real y consumo en situación de confort aplicando nuevos estándares más exigentes. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta CEV y cifras de encuesta Presupuestos Familiares del SERNAC 2012.....	75
Gráfico 11. Consumo total de energía para cada medida de mejoramiento constructivo térmico aplicada.....	77
Gráfico 12. Relación ahorro-consumo por mejora progresiva. Fuente: Elaboración propia.....	78
Gráfico 13. Mejoramientos constructivos térmicos a evaluar para cambios paramétricos.....	79
Gráfico 14. Calificación energética para producto inmobiliario de estudio con progresivas mejoras. Caso de estudio: Vivienda pareada nueva de 51,7m ² en Santiago.....	86
Gráfico 15. Sueldo promedio para vivienda pareada de estudio en la comuna de Padre Hurtado asociada a grupo socio económico. Fuente: Asociación de investigadores de mercado, 2015.....	91
Gráfico 16. Brecha económica entre gasto teórico en situación de confort térmico y gasto real en calefacción.....	93
Gráfico 17. Brecha económica entre consumo real y disminución de consumos teóricos al aplicar progresivas mejoras constructivas térmicas. Fuente: elaboración propia a partir de simulación con herramienta (CEV) y datos de Encuesta: Radiografía al Presupuesto Familiar 2012, SERNAC.....	94
Gráfico 18. Fuente: Elaboración propia en base a herramienta CEV y datos de encuesta “Radiografía al Presupuesto Familiar, 2012” del SERNAC.....	96
Gráfico 19. Fuente: elaboración propia a partir de herramienta CEV para una vivienda pareada de 51,7 m ² en zona térmica tres.....	100
Gráfico 20. Comparación de períodos de recuperación dinámica a una tasa de descuento de 10% para cada mejoramiento según energético. Fuente: elaboración propia.....	114
Gráfico 21. Incidencia en la baja de la rentabilidad por aumento de costos uf/m ² por cada mejoramiento propuesto.....	117

Gráfico 22. Incidencia de la reducción de ventanas a 12.64 m ² sobre la TIR. Fuente: elaboración propia.	117
Gráfico 23. Incidencia de la reducción de ventanas a 12.64 m ² sobre la TIR. Fuente: elaboración propia.	119
Gráfico 24. Certeza del VAN para mejoramiento 9 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.....	125
Gráfico 25. Certeza del VAN para mejoramiento 13 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.....	125
Gráfico 26. Certeza del VAN para mejoramiento 14 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.....	126
Gráfico 27. Certeza del VAN para mejoramiento 18 en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad.....	126
Gráfico 28. Cuadro resumen de análisis de tornado para mejoramientos en horizonte de evaluación a 10 años ocupando parafina. Fuente: elaboración propia a partir de <i>Crystall Ball</i>	128
Gráfico 29. Cuadro resumen de análisis de tornado para mejoramientos en horizonte de evaluación a 10 años ocupando electricidad. Fuente: elaboración propia a partir de <i>Crystall Ball</i>	129

Anexos.

A. Tasa de descuento privada y social en Europa.



B. Relación consumo real de energía por grupo-socioeconómico en relación al consumo ideal de calefacción.

RENTA ESTIMADA	SERVICIOS BASICOS	SERVICIOS BASICOS (\$)	GASTO (\$) CALEFACCION				
\$ 423.000	19%	\$ 79.947	26%				
\$ 20.698							
SEGMENTOS BAJOS (GRUPOS SOCIOECONOMICO D-E). GASTO PROMEDIO MENSUAL EN CALEFACCION \$20.698							
FUENTE: RADIOGRAFIA AL PRESUPUESTO FAMILIAR. SERNAC 2012.							
MEJORA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año	AHORRO kWh/año	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO KEROSENE	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO GAS LICUADO	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO ELECTRICIDAD	GASTO SIN SITUACION DE CONFORT
CASO BASE	12511	12697	186	\$ 703.598	\$ 1.044.695	\$ 1.751.576	\$ 124.190
MEJORA 1	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 124.190
MEJORA 2	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 124.190
MEJORA 3	11730	12697	967	\$ 659.643	\$ 979.431	\$ 1.642.152	\$ 124.190
MEJORA 4	11584	12697	1113	\$ 651.470	\$ 967.295	\$ 1.621.804	\$ 124.190
MEJORA 5	10903	12697	1794	\$ 613.148	\$ 910.395	\$ 1.526.404	\$ 124.190
MEJORA 6	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 124.190
MEJORA 7	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 124.190
MEJORA 8	8944	12697	3753	\$ 502.968	\$ 746.801	\$ 1.252.116	\$ 124.190
MEJORA 9	8630	12697	4067	\$ 485.342	\$ 720.630	\$ 1.208.236	\$ 124.190
MEJORA 10	7660	12697	5037	\$ 430.771	\$ 639.603	\$ 1.072.384	\$ 124.190
MEJORA 11	7516	12697	5181	\$ 422.677	\$ 627.586	\$ 1.052.235	\$ 124.190
MEJORA 13	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 124.190
MEJORA 12	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 124.190
MEJORA 14	4895	12697	7802	\$ 275.307	\$ 408.772	\$ 685.363	\$ 124.190
MEJORA 15	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 124.190
MEJORA 16	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 124.190
MEJORA 17	4741	12697	7956	\$ 266.619	\$ 395.872	\$ 663.735	\$ 124.190
MEJORA 18	3571	12697	9126	\$ 200.842	\$ 298.207	\$ 499.986	\$ 124.190
MEJORA 19	3566	13507	9941	\$ 200.542	\$ 297.763	\$ 499.241	\$ 124.190
MEJORA 20	693	15046	14353	\$ 38.972	\$ 57.866	\$ 97.020	\$ 124.190

RENDA FAMILIAR ESTIMADA	SERVICIOS BASICOS	SERVICIOS BASICOS (\$)	GASTO (%) CALEFACCION	GASTO (\$) CALEFACCION
\$ 875.892	15%	\$ 133.136	24%	\$ 32.006

SEGMENTOS MEDIOS (GRUPOS SOCIOECONOMICO C2-C3). GASTO PROMEDIO MENSUAL EN CALEFACCION \$32.006
FUENTE: RADIOGRAFIA AL PRESUPUESTO FAMILIAR. SERNAC 2012.

MEJORA	CONSUMO CALEFACCION VIV. OBJETO kWh/año	CONSUMO CALEFACCION VIV. REFERENCIA kWh/año	AHORRO kWh/año	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO KEROSENE	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO GAS LICUADO	GASTO BAJO SITUACION DE CONFORT OCUPANDO ELECTRICIDAD	GASTO SIN SITUACION DE CONFORT
CASO BASE	12511	12697	186	\$ 703.598	\$ 1.044.695	\$ 1.751.576	\$ 192.035
MEJORA 1	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 192.035
MEJORA 2	12219	12697	478	\$ 687.140	\$ 1.020.258	\$ 1.710.605	\$ 192.035
MEJORA 3	11730	12697	967	\$ 659.643	\$ 979.431	\$ 1.642.152	\$ 192.035
MEJORA 4	11584	12697	1113	\$ 651.470	\$ 967.295	\$ 1.621.804	\$ 192.035
MEJORA 5	10903	12697	1794	\$ 613.148	\$ 910.395	\$ 1.526.404	\$ 192.035
MEJORA 6	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 192.035
MEJORA 7	10377	12697	2320	\$ 583.589	\$ 866.506	\$ 1.452.818	\$ 192.035
MEJORA 8	8944	12697	3753	\$ 502.968	\$ 746.801	\$ 1.252.116	\$ 192.035
MEJORA 9	8630	12697	4067	\$ 485.342	\$ 720.630	\$ 1.208.236	\$ 192.035
MEJORA 10	7660	12697	5037	\$ 430.771	\$ 639.603	\$ 1.072.384	\$ 192.035
MEJORA 11	7516	12697	5181	\$ 422.677	\$ 627.586	\$ 1.052.235	\$ 192.035
MEJORA 13	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 192.035
MEJORA 12	6266	12697	6431	\$ 352.399	\$ 523.237	\$ 877.280	\$ 192.035
MEJORA 14	4895	12697	7802	\$ 275.307	\$ 408.772	\$ 685.363	\$ 192.035
MEJORA 15	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 192.035
MEJORA 16	4780	12697	7917	\$ 268.836	\$ 399.165	\$ 669.256	\$ 192.035
MEJORA 17	4741	12697	7956	\$ 266.619	\$ 395.872	\$ 663.735	\$ 192.035
MEJORA 18	3571	12697	9126	\$ 200.842	\$ 298.207	\$ 499.986	\$ 192.035
MEJORA 19	3566	13507	9941	\$ 200.542	\$ 297.763	\$ 499.241	\$ 192.035
MEJORA 20	693	15046	14353	\$ 38.972	\$ 57.866	\$ 97.020	\$ 192.035

C. Cálculo de indicador TIR y VAN para las mejoras constructivas térmicas propuestas.

PLANILLA UNICA DINAMICA DE FLUJOS

VARIABLES INDEPENDIENTES

ZONA TERMICA	3
SISTEMA DE AGRUPAMIENTO	VIVIENDA PAREADA

VARIABLES DEPENDIENTES

Mejoramiento		Energetico	
COSTOS-M.9 *	\$ 1.155.492	PRECIO_PARAFINA * * *	550
AHORRO DE ENERGIA POR MEJORAMIENTO	4067 kWh/año	P. CALORIFICO PARAFINA	9,78
PRECIO BRUTO DEL ENERGETICO	\$ 550 pesos	P. CALORIFICO GAS LICUADO	12,98
PODER CALORIFICO	9,78	P. CALORIFICO ELECTRICIDAD	1
COSTO UNITARIO ENERGETICO	56 kWh		
TASA DE DESCUENTO	10%	PERIODO EVALUACION * * *	10
REGIMEN DE OCUPACION	100%	50%	75% 80%
AHORRO TEORICO IDEAL	\$ 228.705		
EFICIENCIA DEL SISTEMA CALEFACCION	100%		
INGRESO ECONOMICO	\$ 228.705 pesos		
EGRESO (INVERSION INICIAL)	\$ -1.155.492 pesos		

Las casillas con asteriscos desplegaron los siguientes menús:

* **Mejoramiento**
COSTOS-M.9 \$ 1.155.492
 COSTOS-M.9
 COSTOS-M.13
 COSTOS-M.14
 COSTOS-M.18

* * **Energetico**
PRECIO_PARAFINA 550
 PRECIO_PARAFINA
 PRECIO_GAS_LICUADO
 PRECIO_ELECTRICIDAD

* * * **PERIODO EVALUACION** 10
 20
 10
 15

El flujo se presenta en la siguiente tabla y gráfico, los cuales fueron cambiando uno a uno se fueron modificando los parámetros de escenarios. Los resultados de TIR, VAN y Payback ocupados en el análisis en la tesis se extrajeron de la planilla única dinámica de flujos.

Ejemplo de uso de LA FUNCION VNATASA.FLUJO)

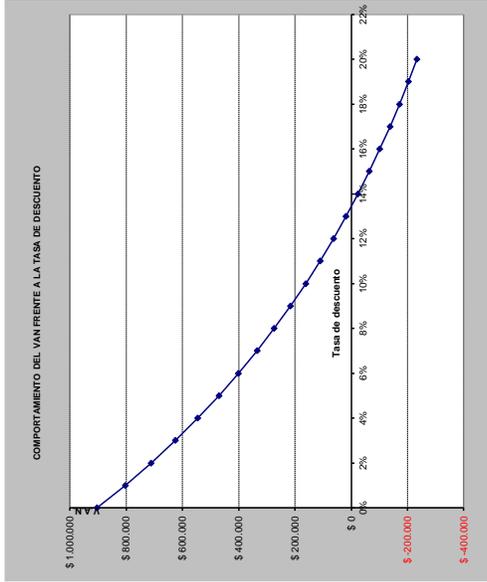
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUMA		
Egresos	\$ 0	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 1.155.492	
Ingresos	\$ 0	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 2.287.051
Flujo	\$ 0	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 2.287.051
Flujo descontado	\$ 1.155.492	\$ 207.914	\$ 189.012	\$ 174.800	\$ 156.209	\$ 142.008	\$ 129.098	\$ 117.821	\$ 106.693	\$ 96.393	\$ 86.176	\$ 76.100	\$ 66.248	\$ 56.599	\$ 47.133	\$ 37.848	\$ 28.732	\$ 19.764	\$ 10.921	\$ 2.287.051	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 228.705	\$ 2.287.051
Flujo acumulado	\$ -1.155.492	\$ -947.578	\$ -758.566	\$ -586.736	\$ -430.526	\$ -286.520	\$ -159.422	\$ -42.060	\$ 64.653	\$ 161.626	\$ 249.802	\$ 329.982	\$ 402.634	\$ 469.082	\$ 529.307	\$ 584.097	\$ 633.630	\$ 679.078	\$ 720.213	\$ 757.608	\$ 791.603	\$ 828.705	\$ 868.996	\$ 904.057

El costo total de mejora en construcción \$ 1.155.492
 Ahorro bruto por tipo energetico \$ 2.287.051
 Costo/Beneficio (CB) 0,51

TASA 10% La tasa utilizada para traer al presente los valores futuros
 TIR 14,85% La tasa que hace que VAN SEA CERO
 VAN \$ 249.892 El valor actual neto
 PA/BACK 7

VAN EN FUNCION DE TASA DE DESCUENTO

TASA	VAN
0,00%	\$ 902.854
1,00%	\$ 903.600
2,00%	\$ 904.346
3,00%	\$ 905.092
4,00%	\$ 905.838
5,00%	\$ 906.584
6,00%	\$ 907.330
7,00%	\$ 908.076
8,00%	\$ 908.822
9,00%	\$ 909.568
10,00%	\$ 910.314
11,00%	\$ 911.060
12,00%	\$ 911.806
13,00%	\$ 912.552
14,00%	\$ 913.298
15,00%	\$ 914.044
16,00%	\$ 914.790
17,00%	\$ 915.536
18,00%	\$ 916.282
19,00%	\$ 917.028



D. Fichas de soluciones de Acondicionamiento térmico.

MEDIDA 9

Código 1.2.M.B9.9	Ladrillo cerámico hecho a máquina "Santiago 11E" con placa de yeso cartón de e=10 mm.
------------------------------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TERMICA (Rt):	---- (m ² *K/ W)	TRANSMITANCIA TERMICA (U):	---- (W/m ² *K)
----------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	----------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

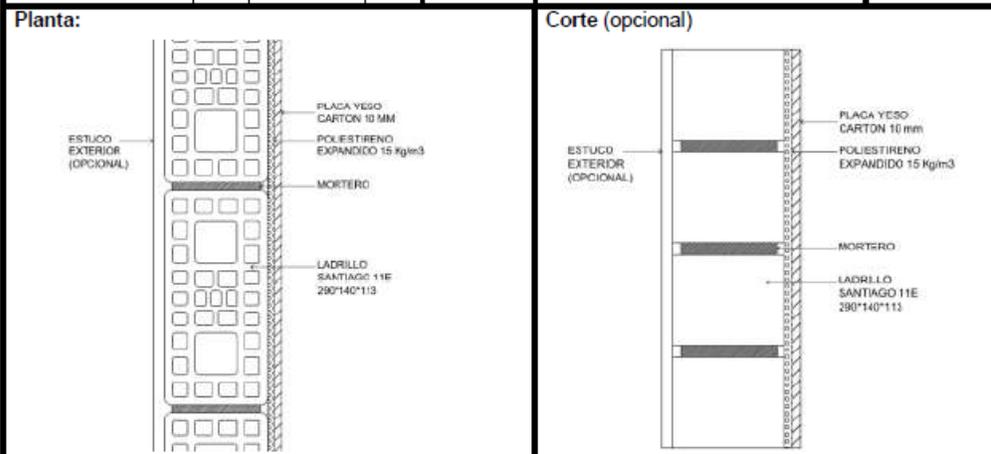
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m² *K/ W)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	1,05	1,78
U (W/m² *K)	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	0,95	0,56
Espesor Aislante (mm)	10 mm	20 mm	50 mm				

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	----	Marca Comercial	X
--	-----------------	------	------------------------	----------

El muro está construido con ladrillos cerámicos hechos a maquina de nombre comercial "Santiago 11E" de dimensiones nominales 290 x 140 x 113 (mm), utilizando un mortero de pega, de 15 mm de espesor promedio entre ladrillos (con un máximo de 18 mm y un mínimo de 12 mm). Por la cara interior se aplica como revestimiento una plancha compuesta por una placa de yeso cartón de 10 mm adherida a una plancha de poliestireno expandido de 15 Kg/m³, de espesor variable según zona térmica.

Para la construcción del muro se utiliza la metodología tradicional de construcción de albañilería con ladrillos el mortero que cae en los huecos de la unidad cerámica es solo el resultado de la presión ejercida por el ladrillo de la hilada superior

Forma de cumplir con las exigencias				Densidad material aislante	Institución	Vigencia
Certificado de ensaye	---	Cálculo (NCh 853)	X	15 kg/m³	Cerámica Santiago S.A.	Diciembre de 2014



MEDIDA 13

Código 1.2.M.B2.3	Muro de albañilería de ladrillo de (29x14x7,1 cm de espesor), exterior sistema Andes Termo FFS con aislante térmico poliestireno expandido de 15kg/m ³ .
-----------------------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TERMICA (Rt):	---- (m ² *K/ W)	TRANSMITANCIA TERMICA (U)	---- (W/m ² *K)
------------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m ² *K/ W)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,68
U (W/m ² *K)	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,60
Espesor Aislante (mm)	30	30	30	30	30	30	60

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	---	Marca Comercial	X
---	----------	-----	-----------------	---

La solución constructiva está formada por un muro de albañilería construido con ladrillos cerámicos de 140 x 290 x 71mm, unidos mediante un mortero de pega de dosificación 1:3, cuyo espesor entre ladrillos es de 15mm + -3mm. El peso aproximado de cada ladrillo es de 2,6kg. Sobre su cara exterior se adosa el sistema Andes Termo FFS, consistente en la aplicación de poliestireno expandido de densidad 15kg/m³ y espesor variable según zona térmica, adherido al ladrillo con adhesivo Drybond o Styroglue. Sobre el poliestireno expandido se coloca el mismo Drybond o Styroglue, reforzado con malla de fibra de vidrio, sobre este un imprimante y puente de adherencia Omegaflex Primer y Omegaflex Finish como terminación.

Forma de cumplir con las exigencias				Densidad material aislante	Institución	Vigencia
Certificado de ensaye	X	Cálculo (NCh 853)	X	15kg/m ³	Andes Construction Chile S.A.	Diciembre 2014

<p>Corte:</p>	<p>Detalle (opcional)</p>
---------------	---------------------------

MEDIDA 17

Código 1.2.M.B2.4	Sistema W631 - Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
-----------------------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TÉRMICA (Rt):	---- (m ² *K/ W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	---- (W/m ² *K)
------------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m ² *K/ W)	0.766	0.766	0.766	0.766	0.766	1.00	1.977
U (W/m ² *K)	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.00	0.506
Espesor Aislante (mm)	10	10	10	10	10	20	60

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	---	Marca Comercial	X
<p>Muro perimetral de Albañilería Armada, ladrillo hecho a máquina de nombre comercial "Santiago 7" de dimensiones nominales 290x140x71 mm, utilizando un mortero de pega de dosificación 1:3 en volumen, con 15 mm +/- 3 mm de espesor entre ladrillos. Para la construcción del muro se utilizó la metodología tradicional de construcción de albañilería con ladrillos cerámicos, es decir, el mortero que cae en los huecos de la unidad cerámica es sólo el resultado de la presión ejercida por el ladrillo de la hilada superior.</p> <p>En la cara interior del muro, en forma vertical, se aplica como revestimiento Polyplac (1,2x2,4 mts), plancha compuesta por una placa de yeso cartón ST e=10 mm adherida a una plancha de poliestireno expandido de 15 kg/m³, de espesor variable según Zona Térmica. Las planchas Polyplac van fijadas al muro a través de una pasta pegamento de nombre comercial Perfix. Este pegamento se dispuso sobre la plancha antes de pegar al muro, por el lado del poliestireno expandido, en porciones del tamaño 10x10 cm aproximadamente, cada 25 cm en los bordes, y en el centro dos corridas cada 35 cm., aproximadamente. El espesor del pegamento Perfix es variable, depende de las irregularidades del muro base (aplome), y podría fluctuar entre los 5 y 20 mm.</p> <p>Las planchas de Polyplac se ubican en el muro, niveladas, aplomadas y alineadas, dejando 10 mm. de dilatación en la parte inferior del muro. En la unión a tope de las planchas Polyplac se realiza tratamiento de juntas -sobre las placas de yeso cartón- éste se efectúa con masilla y cinta para juntas Knauf.</p>				

Forma de cumplir con las exigencias			Densidad material aislante	Institución	Vigencia	
Certificado de ensaye	X	Cálculo (NCh 853)	X	15 kg/m ³	Knauf de Chile Ltda.	Febrero 2014

<p>Corte:</p>	<p>Detalle (opcional)</p> <p style="text-align: center;">DETALLE DE JUNTAS</p>
---------------	---

MEDIDA 18

Código 1.2.M.B2.4	Sistema W631 - Muro de albañilería de ladrillo hecho a máquina (7,1x14x29 cm) con plancha Polyplac RH adherida por el interior.
-----------------------------	---

A. Único valor de Resistencia (Rt) y Transmitancia (U) Térmica para la solución constructiva

RESISTENCIA TÉRMICA (Rt):	---- (m ² *K/ W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	---- (W/m ² *K)
------------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------

B. En caso que se modifique el espesor del material aislante manteniendo el resto de la configuración constructiva:

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Rt (m ² *K/ W)	0.766	0.766	0.766	0.766	0.766	1.00	1.977
U (W/m ² *K)	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.00	0.506
Espesor Aislante (mm)	10	10	10	10	10	20	60

Descripción de la Solución Constructiva	Genérico	---	Marca Comercial	X
<p>Muro perimetral de Albañilería Armada, ladrillo hecho a máquina de nombre comercial "Santiago 7" de dimensiones nominales 290x140x71 mm, utilizando un mortero de pega de dosificación 1:3 en volumen, con 15 mm +/- 3 mm de espesor entre ladrillos. Para la construcción del muro se utilizó la metodología tradicional de construcción de albañilería con ladrillos cerámicos, es decir, el mortero que cae en los huecos de la unidad cerámica es sólo el resultado de la presión ejercida por el ladrillo de la hilada superior.</p> <p>En la cara interior del muro, en forma vertical, se aplica como revestimiento Polyplac (1,2x2,4 mts), plancha compuesta por una placa de yeso cartón ST e=10 mm adherida a una plancha de poliestireno expandido de 15 kg/m³, de espesor variable según Zona Térmica. Las planchas Polyplac van fijadas al muro a través de una pasta pegamento de nombre comercial Perfix. Este pegamento se dispuso sobre la plancha antes de pegar al muro, por el lado del poliestireno expandido, en porciones del tamaño 10x10 cm aproximadamente, cada 25 cm en los bordes, y en el centro dos corridas cada 35 cm., aproximadamente. El espesor del pegamento Perfix es variable, depende de las irregularidades del muro base (aplome), y podría fluctuar entre los 5 y 20 mm.</p> <p>Las planchas de Polyplac se ubican en el muro, niveladas, aplomadas y alineadas, dejando 10 mm. de dilatación en la parte inferior del muro. En la unión a tope de las planchas Polyplac se realiza tratamiento de juntas -sobre las placas de yeso cartón- éste se efectúa con masilla y cinta para juntas Knauf.</p>				

Forma de cumplir con las exigencias			Densidad material aislante	Institución	Vigencia	
Certificado de ensaye	X	Cálculo (NCh 853)	X	15 kg/m ³	Knauf de Chile Ltda.	Febrero 2014

<p>Corte:</p>	<p>Detalle (opcional)</p> <p>DETALLE DE JUNTAS</p>
---------------	--

- E. Exigencias de transmitancia sugeridas en Europa desarrollada por instituciones especializadas en eficiencia energética y energías renovables.

Fuente, Tesis Doctoral: ANÁLISIS COMPARADO DE LAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS EN LA UNIÓN EUROPEA. Universidad de Alicante, año 2013. p.219

VALOR TRANSMITANCIA	Construcción anterior a 1976 sin Adaptación	Construcción anterior a 1976 Adaptadas	Recomendaciones de estandar de Adaptacion	Construcción desde 1975 hasta 1990	Construcción desde 1991	Recomendaciones estandar nuevas construcciones
Zona climatica fría						
Techumbre	0,50	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
Fachada	0,50	0,30	0,20	0,30	0,20	0,20
Piso	0,50	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
Ventanas	3,00	1,60	1,30	2,00	1,60	1,30
Zona climatica moderada						
Techumbre	1,50	0,50	0,20	0,50	0,40	0,15
Fachada	1,50	1,00	0,30	1,00	0,50	0,25
Piso	1,20	0,80	0,40	0,80	0,50	0,30
Ventanas	3,50	2,00	1,30	3,50	2,00	1,30
Zona climatica cálida						
Techumbre	3,40	1,00	0,50	0,80	0,50	0,30
Fachada	2,60	1,40	0,60	1,20	0,60	0,50
Piso	3,40	1,00	0,50	0,80	0,50	0,40
Ventanas	4,20	3,50	2,00	4,20	3,50	2,00

F. Costos de construcción de referencia. Análisis efectuado por Cámara Chilena de la Construcción. Abril 2016.

Pasos	Mejora	Costo Unitario Estimado con Instalación (\$/m ²)	Costo Total Mejora	Ahorro de Energía Estimado (%)	Indicador Costo Efectividad (\$/kWh Ahorrado)
Caso Base	Sin Mejoras	0	0	-	-
	Aislación de Techumbre 100mm	\$5.000	\$125.000	23%	\$35
Nota: Considerar barrera de vapor (polietileno) entre la terminación interior y la aislación					
	Aislación de Piso Poliestireno Expandido Alta Densidad 30mm	\$1.500	\$37.500	1,5%	\$155
Nota: De poder intervenir el piso, considerar barrera impermeable (polietileno)					
	Aislación Interior Muros Listoneado pino 2"x2" + Poliestireno Expandido 40mm + Barrera Hidrófuga + Placa Yeso Cartón 10mm	\$10.000	\$800.000	19%	\$350
Nota: Solución económica, sin embargo, no recomendable para construcción de albañilería u hormigón por riesgo de condensación intersticial y reducir masa térmica expuesta interior (ver inercia térmica).					
Alternativa 1					

Pasos	Mejora	Costo Unitario Estimado con Instalación (\$/m ²)	Costo Total Mejora	Ahorro de Energía Estimado (%)	Indicador Costo Efectividad (\$/kWh Ahorrado)
 <p>3 Alternativa 2</p>	Aislación Interior Muros Placa Conjunta Poliestireno Expandido 20mm (Aislapol) + Yeso Cartón 10mm	\$13.500	\$1.080.000	16%	\$450
 <p>3 Alternativa 3</p>	Aislación Exterior Muros Poliestireno Expandido Alta Densidad 40mm	\$23.500	\$1.880.000	21%	\$590
		<i>Nota: Solución recomendable ya que reduce puentes térmicos, no reduce superficie útil interior, y en el caso de construcción de albañilería u hormigón. No tapa la masa térmica interior.</i>			
 <p>4</p>	Ventanas Termopanel	\$175.000	\$3.150.000	14,90%	\$1.400
 <p>Caso Combinado</p>	Aislación de Techumbre, Aislación de Piso, Aislación Muro Exterior, Ventanas Termopanel	-	-	Más de 60%	-