UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE

PROPUESTA PARA LA CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: MODIFICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA INCORPORAR CALIFICACIÓN EN VIVIENDA EXISTENTE

JAVIERA CAROLINA MORALES ZORDAN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: SR. FRANCISCO DALL'ORSO LEÓN

PROFESOR CORREFERENTE: SRA. MARÍA PILAR GÁRATE CH

SANTIAGO

OCTUBRE 2018

Para mi familia y todos los que me apoyaron

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi papá y mi mamá, por ser el pilar fundamental en mi vida, quienes han confiado incondicionalmente en mi y me han apoyado a pesar de mis errores, siempre animándome, sobre todo cuando estaba estresada y me iba mal en los cértamenes. Gracias a mis hermanos, Dani y Esteban, por siempre estar para mi cuando los necesitaba. También, agradecer a mis abuelas y abuelo, por todos los consejos y regaloneos.

Estoy muy agradecida de mi profesor guía, Francisco Dall'Orso, por acompañarme en este proceso de trabajo de memoria, alentándome a terminar y aceptando mi forma de trabajar. Gracias a los profesores que me han entregado no solamente conocimientos sobre ramos, sino también su experiencia de vida, que puedo asegurar que en algún instante de mi vida me ayudará.

Muchas gracias, a mis compañeros de universidad y de colegio, por todos los momentos felices y las risas. A mis amigas, Fran y Lu, gracias por estos seis años revisando mi redacción, avanzando conmigo, sufriendo, riendo, enojándonos con la vida , aconsejándome, retándome y queriendome como soy. También, me siento muy agradecida por mis amigos Gonzalo, Erich y Ricardo, que aguantaron mis momentos de máximo estrés y mi mal humor, pero siempre siguieron acompañándome y haciendome reír.

Agradezco a Nico, por soportarme, alentarme en los momentos que más lo necesitaba y por compañía. A mis amigas del colegio, Javi, Pauli y Romi, por la amistad que me han entregado y haber sido un gran apoyo.

Y por último, destacar a todo el equipo del Preuniversitario Social Educa+, que es un proyecto que me ha visto crecer y desarrollar mi área social. Gracias a todas las personas que han sido parte de este gran proyecto desde el 2015.

Gracias a todos.

Resumen Ejecutivo

Dada la importancia que tiene la eficiencia energética en el mundo, Chile a creado una herramienta para calificar la eficiencia energética de viviendas, para tener un registro de las viviendas y concientizar a las personas al momento de comprar una vivienda. Sin embargo, el problema es que solamente se pueden calificar viviendas nuevas, construidas después del 2007 cuando fue aprobada la reglamentación térmica en las construcciones. Desde allí, se plantea diseñar una propuesta para que se pudean calificar viviendas existentes (antes del 2007), para esto se muestra en en presente trabajo de memoria una recopilacion de información del sistema actual de Chile, de un sistema Australiano llamado FirstRate5 que califica todo tipo de vivienda y una recopilación de información legal relacionada a la construcción Chilena.

A partir de un benchmarking entre el sistema actual chileno y el australiano, y a la recopilación de normativa legal relacionada con la edificación, se identificaron factores importantes para la calificación de viviendas existentes: la calificación se debe limitar a viviendas que tengan el permiso de edificación y recepción municipal, ya que en la municipalidades se puede solicitar los planos arquitectónicos y a las especificaciones técnicas, cumpliendo así el requisito que necesita el sistema actual para calificar una vivienda.

Para esto, se propone una modificación en la metodología de calificación, donde el evualuador energético debe realizar la petición de documentos, para poder ingresar los datos a la planilla excel del sistema. Este nuevo proceso, sería informado a los calificadores a través de un seminario web que se le conoce como webinar, para que puedan acceder todos los evaluadores a lo largo del país y así rendir una evaluación que los califique como evaluadores de viviendas existentes.

Índice de Contenidos

1. Introducción **1**

2. Problema de investigación **3**

3. Objetivos **5**
3.1. Objetivo general 5
3.2. Objetivos específicos 5

4. Marco teórico **6**
4.1. Energía en el Mundo 6
4.2. Cambio Climático 8
4.3. Situación Energética en Chile 9
4.4. Transferencia de Calor 15
4.4.1. Conducción 16
4.4.2. Convección 17
4.4.3. Radiación 18
4.4.4. Resistencias Térmicas 18
4.4.5. Coeficiente Global de TDC 19
4.5. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones 21
4.5.1. Permisos de Edificación 21
4.5.2. Reglamentación Térmica 23
4.6. Equipos de Calefacción y Agua Caliente Sanitaria 26
4.6.1. Potencia y Rendimiento 26
4.6.2. Integración de Sistemas Térmicos 27
4.7. Sistema de Calificación de Eficiencia Energética 27

5. Metodología **31**
5.1. Recopilación de información 31
5.1.1. Información Sistema CEV 31
5.1.2. Información Sistemas Internacionales 32
5.1.3. Información Proceso Legal 32
5.2. Benchmarking 33
5.3. Creación de Propuesta 34
5.3.1. Priorización de Mejoras 34
5.3.2. Búsqueda de Banco de Documentos 34

5.3.3. Cotización de Documentos . . . 35
5.3.4. Cantidad de Documentos . . . 35
5.3.5. Costo Total . . . 36
5.3.6. Capacitación . . . 36
5.4. Análisis FODA . . . 37

6. Resultados **38**
6.1. Recopilación de información . . . 38
6.1.1. Sistema de Chile . . . 38
6.1.1.1. CEV . . . 38
6.1.1.2. Documentos Requeridos . . . 42
6.1.2. Sistema Australia . . . 46
6.1.2.1. FirstRate5 . . . 46
6.1.2.2. Documentos Requeridos . . . 47
6.1.3. Planos de Arquitectura de Viviendas . . . 48
6.1.3.1. Plano de Situación y Emplazamiento . . . 48
6.1.3.2. Plano de Plantas de Pisos . . . 49
6.1.3.3. Plano de Elevaciones . . . 50
6.1.3.4. Plano de Corte Longitudinal, Transversal y Escantillón 50
6.1.3.5. Planos de Puertas y Ventanas . . . 52
6.1.4. Información legal . . . 52
6.2. Benchmarking . . . 54
6.3. Identificación de Mejoras . . . 57
6.4. Propuestas . . . 58
6.5. Proceso de Solicitud de Documentos . . . 58
6.6. Capacitación Evaluadores Energéticos . . . 59
6.7. Análisis Foda de la Propuesta . . . 62

7. Conclusiones y Recomendaciones **64**

Bibliografía **67**

A. Sistemas **69**
A.1. Planilla Excel Sistema Chile . . . 69
A.2. Programa Sistema Australia . . . 74

B. Desarrollo del Cálculo del Costo Total **78**
B.1. Petición de Documentos . . . 78
B.2. Capacitación . . . 79

Índice de Tablas

4.1. Antecedentes para Solicitud de Permiso de Edificación de Obras NUevas (Fuente: MINVU (2018)) 22
4.2. Grados Días anuales por Zona Térmica. (Fuente: Guía de Diseño para la EE en la Vivienda Social (2009)) 24

5.1. Cotización documentos Municipalidad de Colina. (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 35
5.2. Cotización documentos Municipalidad de Santiago. (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 35

6.1. Análisis comparativo de documentos requeridos para el funcionamiento de los sistemas de Chile y Australia. (Fuente: Elaboración Propia) . . 54
6.2. Análisis comparativo de variables requeridas para el funcionamiento de los sistemas de Chile y Australia . (Fuente: Elaboración Propia) . 56
6.3. Cantidad de documentos solicitados en las Municipalidades (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 59
6.4. Costo total de petición de documentos por cantidad de pisos de la vivienda (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 59
6.5. Costos asociados a la capacitación mensuales (Fuente: Go to Webinar y Sueldos promedios Chile (2018)) 61

B.1. Costos asociados a la capacitación mensuales (Fuente: Go to Webinar y Sueldos promedios Chile (2018)) 79

Índice de Figuras

4.1. Energía que generan diferentes países per cápita en MCAL. (Fuente: International Energy Agency, (2015)) 6
4.2. Crecimiento de las distintas fuentes de energía a lo largo del tiempo. Fuente: International Energy Agency, (2016) 7
4.3. Matriz Secundaria según energéticos. Fuente: Ministerio de Energía (2015) 9
4.4. Matriz Secundaria según sector. Fuente: Ministerio de Energía (2015) 10
4.5. Precio de la electricidad, para empresas y hogares. Fuente: Banco Central (2013) 10
4.6. Tarifas eléctricas para los hogares del mundo. (Fuente: Banco Central (2013)) 11
4.7. Costo marginal promedio del SIC. (Fuente: Energía Abierta, (2018)) . 12
4.8. Costo marginal promedio del SING. (Fuente: Energía Abierta, (2018)) 12
4.9. Variación del precio de compra del crudo de petróleo. (Fuente: Banco Central, (2018)) 14
4.10. Conducción de calor estacionaria y transitoria en una pared plana (Fuente: Cengel, (2018)) 17
4.11. Exigencias térmicas a elementos envolventes de la vivienda. (Fuente: MINVU (2018)) 24
4.12. Mapa de zonificación térmica de la región de Antofagasta. (Fuente: Guía de Diseño para la EE en la Vivienda Social (2009)) 25
4.13. Factores de evaluación para calificación energética. (Fuente: Calificación energética (2012)) 29
4.14. Indicadores de calificación energética de viviendas.)Fuente: Calificación energética (2012)) 30

5.1. Extracto de planilla excel que muestra requerimientos de variables para los sistemas. (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 33

6.1. Porcentaje de viviendas existentes. (Fuente:Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile (2010)) 39
6.2. Ventana del software CCTE para la descripción general. (Fuente: Calificación energética (2018)) 41

6.3. Ventana del software CCTE, muestra las carpetas de materiales (Fuente: Calificación energética (2018)) 42
6.4. Zonificación térmica de Australia. Fuente: Nathers (2018) 46
6.5. Etiqueta energética de FirstRate5 . (Fuente: Nathers (2018)) 47
6.6. Ejemplo de plano de situación. (Fuente: Recursos Interior (2018)) . . 48
6.7. Ejemplo de plano de situación. (Fuente: Recursos Interior (2018)) . . 49
6.8. Ejemplo de plano de plantas de pisos (Fuente: Recursos Interior (2018)) 49
6.9. Ejemplo de planos de elevación sur. (Fuente: Planimetría(2018)) . . . 50
6.10. Ejemplo de planos de corte longitudinal y transversal. (Fuente: Planos de Arquitectura (2018)) 51
6.11. Ejemplo de planos de corte escantillón. (Fuente: Archimlynarz (2018)) 51
6.12. Ejemplo de planos de puertas y ventanas (Fuente: Planos técnicos (2018)) 52
6.13. Carta gantt de la propuesta de planificación de capacitación (Fuente: Elaboración Propia (2018)) 62

1 | Introducción

Cada día en el mundo es más importante la eficiencia energética, ya que la sociedad es más consciente de que los recursos naturales que nos entrega el planeta son limitados, por ende, es un desafío encontrar estrategias que disminuyan el desperdicio de estos, logrando cumplir el objetivo del consumo energético y mejor aún si se logra ahorrar dinero.

En Chile, gracias a uno de sus pilares de su política energética "Energía 2050", pretende reducir la cantidad de energía eléctrica y de combustibles que se utilizan, pero siempre conservando la calidad y el acceso. Las energías renovables no convencionales, son un factor clave para cumplir los objetivos energéticos, por eso las inversiones en Chile en ERNC siguen en aumento. En Latinoamérica, Chile se encuentra en primer lugar y en el mundo dentro de los diez lugares que más invierten en energías renovables (Ministerio de Energía , 2015a). Sin embargo, no hay que confundir estas tecnologías con EE (eficiencia enrgética), ERNC son una medida de reducción y la EE es el análisis completo.

"Las reducciones en el consumo de energía se asocian a un cambio tecnológico, ya sea por la creacción de nuevas tecnologías que incrementen el rendimiento de los artefactos o por nuevos diseños de máquinas y espacios habitables, los que pueden disminuir la pérdida de energía por calor"(Agencia Chilena de Eficiencia Energética , 2014). Sin embargo, cambiar los hábitos y actitudes, son muy importantes para la reducción del consumo de energía.

Los cambios en la legislación chilena, desde el año 2000 han provocado disminuciones energéticas en las viviendas de nuestro país. Comenzando por aislar la techumbre, luego en el 2007 la regularización de la aislación térmica para las construcción total de la vivienda y en el 2013 la primera etiqueta oficial de la calificación de eficiencia energética para las viviendas nuevas. Esta calificación tiene como objetivo entregar información sobre la eficiencia energética de la vivienda a los usuarios interesados, lo que puede significar un mayor ahorro en calefacción, enfriamiento, iluminación y agua caliente sanitaria. Sin embargo, ¿qué ocurre con las viviendas existentes o construidas antes del 2007?.

2 | Problema de investigación

Chile es un país que posee una estrategia energética que ha sido incluida para lograr el desarrollo económico, social e institucional del país. Esta Política Energética llamada "Energía 2050", plantea trabajar cuatro pilares estratégicos: Seguridad y calidad de suministro, Energía como motor de desarrollo, Energía compatible con el medio ambiente, y por último Eficiencia y Educación energética. Que se cumpla este último pilar, lleva consigo a que la sociedad chilena logre interiorizar un modelo de vida donde se utilicen los recursos que posee de manera responsable. "Cerca del 21 % del total del consumo final correspondió al sector Comercial, Público y Residencial" (Ministerio de Energía , 2015a), lo anterior significa que si bien estos sectores no son lo que representan el mayor consumo, no es despreciable. "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" (Waldo, B. G. y Yoseline, R.U. , 2015), hay que tener un objetivo claro y que este se cumpla en su totalidad.

Para que se logre generar consciencia y se produzca realmente eficiencia energética, se debe contar con las herramientas necesarias para poder informar a las personas sobre lo que los rodea, por ejemplo, sus viviendas. Se le da importancia a las viviendas, debido a que del, 21 % del consumo energético total del país, el 69,8 % corresponde al consumo de la zona residencial en base de derivados de petróleo, electricidad, gas natural, leña y biomasa. (Ministerio de Energía , 2015b). Una de las metas que se quiere cumplir para el año 2050 es "El 100 % de las edificaciones nuevas cuentan con estándares OCDE de construcción eficiente y cuentan con sistemas de control y gestión inteligente de la energía" (Ministerio de Energía , 2015a), para alcanzar

lo anterior el Ministerio de Energía junto al Ministerio de Vivienda y Urbanismo implementaron el sistema CEV. Este sistema de calificación energética de viviendas nuevas, entrega información a los potenciales compradores para que al momento de tomar una decisión, tengan en cuenta el ahorro energético que puede poseer la vivienda tanto en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.

¿Cuál es el problema del CEV?, que solamente se pueden calificar viviendas "que poseen el permiso de certificación posterior al 4 de enero del 2007" (Ministerio de Vivienda y Urbanismo , 2013), debido a que desde ese año comenzó la reglamentación térmica, donde debe estar aislado en una vivienda la techumbre, muro y piso. (Cámara Chilena de Refrigeración y climatización A.G. , 2007)

Sin embargo, ¿qué sucede con la clasificación de viviendas existentes antes de este período?. En Chile, no existe un sistema que pueda entregar el indicador de eficiencia energética para viviendas "usadas" o existentes, desde allí surge la necesidad de diseñar un plan de mejora del sistema para que logre calificar este tipo de viviendas, en base al análisis del sistema CEV actual, estudiando sistemas similares de otros países del mundo, encontrando los factores claves que tienen en común las viviendas, para poder entregar información energética de todo tipo de vivienda y poder así apoyar el desarrollo energético del país.

3 | Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar un plan que permita la calificación energética para viviendas existentes, en base al sistema actual de calificación de Chile (CEV), para poder tener información de la eficiencia de todo tipo de viviendas.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar el sistema CEV actual con el que cuenta el Ministerio de Energía y Ministerio de Vivienda y urbanismo, para lograr entender los principios del sistema.
- Encontrar y analizar evaluación de desempeño de viviendas usadas y/o nuevas de sistemas internacionales.
- Determinar factores claves que afectan en el cálculo de la eficiencia energética de las viviendas nuevas, a través de una comparación del análisis del sistema nacional e internacionales.
- Determinar los factores más importantes que se involucran solamente con las viviendas usadas en Chile, a través de recopilación de información tanto de fuentes primarias como secundarias, para utilizarlos en la calificación energética.

4 | Marco teórico

4.1. Energía en el Mundo

La energía es muy importante para el desarrollo de un país, la población mundial va en constante crecimiento, "en 12 años, el número de personas en el mundo ha aumentado en 1.000 millones" (Naciones Unidas , 2015), cada vez existen más individuos que poseen necesidades y deben satisfacerlas. Según la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency), la cantidad de energía de los países que generan para sus habitantes (países asociados a la agencia) es la siguiente:

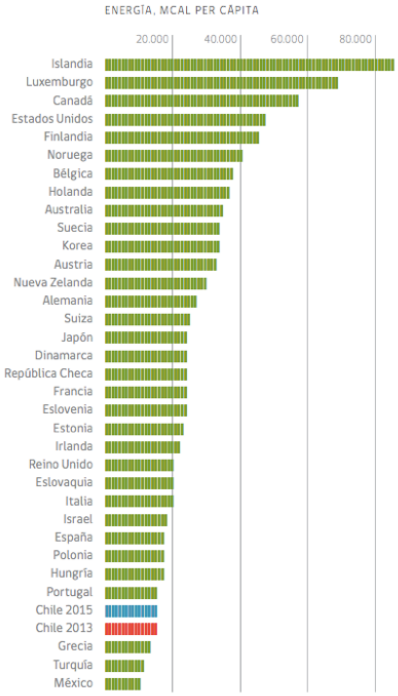


Figura 4.1: Energía que generan diferentes países per cápita en MCAL. (Fuente: International Energy Agency, (2015))

De la Figura 4.1, se puede constatar que países desarrollados como Islandia, Canadá y Estados Unidos, producen cantidades mucho mayores en comparación a un país en vías del desarrollo como Chile, lo cual corrobora el enfoque hacia la energía que deben tener los países, sobre todo para apoyar la sustentabilidad.

Por otra parte, existen diferentes fuentes de energía, las que se conocen como fuentes convencionales y las renovables, las energías renovables contribuyeron alrededor de un 23 % de la electricidad global, de las cuales el 70 % corresponde a Hydro y un 17 % a otras. Países como China y la Unión Europea poseen políticas energéticas con un enorme impacto, ya que son las líderes en la generación de energía en base a recursos renovables. (International Energy Agency , 2016)

A pesar de que la generación de electricidad a partir de energías renovables ha ido en crecimiento, aún existe un porcentaje considerable con respecto a las energías convencionales como las fósiles (Ver Figura 4.2), pero que a pesar de esto, se puede observar como cada vez es más la proporción de energías renovables versus convencionales.

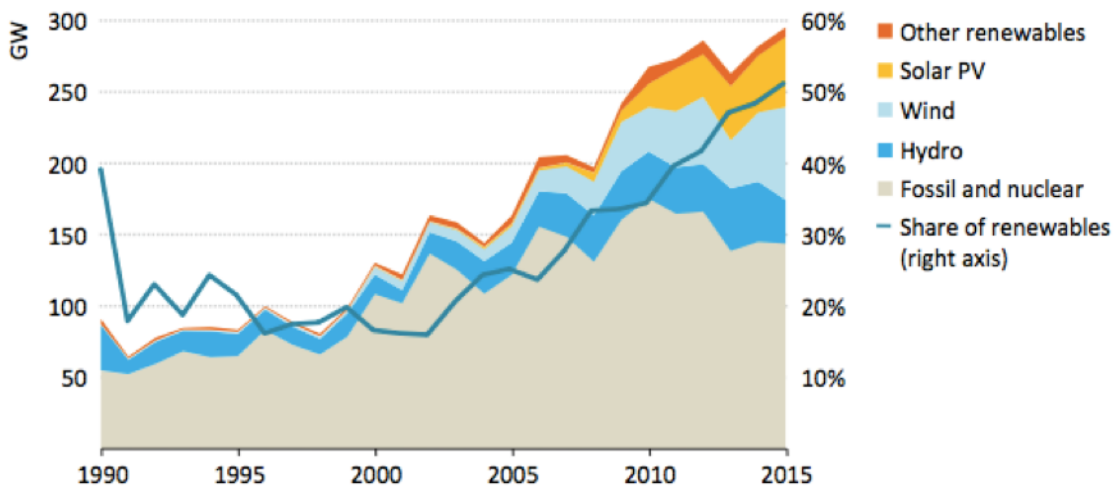


Figura 4.2: Crecimiento de las distintas fuentes de energía a lo largo del tiempo. Fuente: International Energy Agency, (2016)

4.2. Cambio Climático

El cambio climático es una variación que se manifiesta en el clima del planeta, debido a la actividad humana tanto directa como indirecta que altera la composición de la atmósfera (Ministerio de Medio Ambiente , 2017b). El calentamiento global es uno de los grandes desafíos del cambio climático, provocado por el exceso de emisiones de gases de efecto invernadero que aumentan la temperatura promedio de la suprtficie terrestre. El objetivo de los países es que la superficie terrestre no supere una temperatura de 2°C, definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas por el Cambio Climático(Ministerio de Medio Ambiente , 2017a).

Chile generó una política medio ambiental para apoyar el combate contra el calentamiento global, creando una comisión permanente, preocupada 100 % por este desafío (Ministerio de Energía , 2017a). "77,4 % de las emisiones de GEI del país, según el último inventario nacional, provienen del consumo de combustibles fósiles no sólo para generación eléctrica, sino también para todo tipo de transporte terrestre, diversas industrias (incluida la minería), y viviendas y edificios públicos y comerciales" (Ministerio de Energía , 2017b). Por esto, la importancia del Plan Energético incluye fomentar dentro de la matriz energética, las energías renovables y aumentar los precios de carbono, para no incentivar su uso.

4.3. Situación Energética en Chile

> En la última versión del New Energy Finance Climascope elaborado por Bloomberg New Energy Finance y el Banco Interamericano de Desarrollo, Chile alcanzó el primer lugar en inversión de energías renovables y en la lucha contra en cambio climático, en la región de América Latina y el Caribe.
>
> (Ministerio de Energía , 2016)

Chile está invirtiendo cada vez más en energías renovables, lo que corresponde a inversiones superiores a 3 mil millones de dolares, apoyando el cambio climático. Lo anterior se puede ver reflejado en la matriz secundaria energética, la cual entrega información del consumo final de energía para los sectores de consumo económicos nacionales.

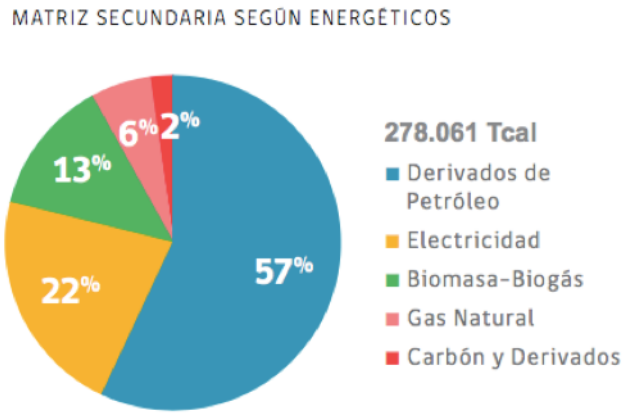


Figura 4.3: Matriz Secundaria según energéticos. Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Además, los consumos finales por sector para el año 2015 fueron los siguientes:

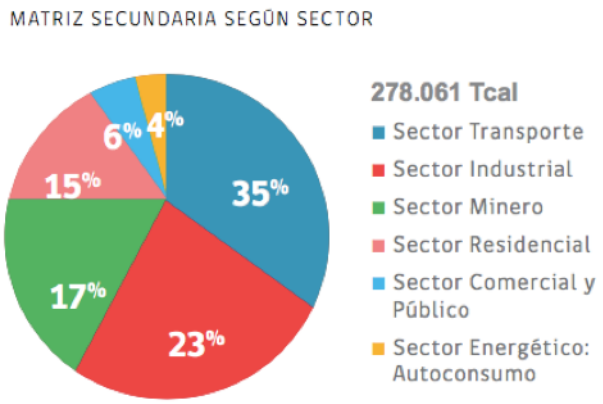


Figura 4.4: Matriz Secundaria según sector. Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Se puede desprender que el sector transporte e industrial son los que utilizan un mayor porcentaje de energía y, el sector comercial y público el menor. Sin embargo, un 15 % del consumo energético final del país lo utiliza el sector residencial. El sector residencial del total disponible de energía (278.061 Tcal), proviene de las siguientes fuentes: 4.908 Tcal de gas natural, 10.109 Tcal de electricidad, 8.188 de derivados del petróleo y 17.714 Tcal de biomasa. Esta energía se consume un 56 % solamente en calefaccionar las viviendas (Ministerio de Energía , 2015b)

Otro punto importante, es la variación de las tarifas de electricidad tanto para las empresas como hogares.

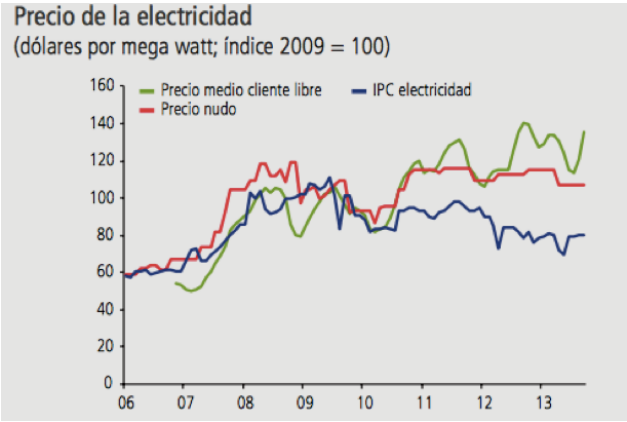


Figura 4.5: Precio de la electricidad, para empresas y hogares. Fuente: Banco Central (2013)

De la Figura 4.5 es importante recalcar que la variación de los precios promedios para los hogares se encuentran en aumento. En cambio, desde el 2011 se puede observar un decrecimiento. Además, se desprende que el precio de las tarifas de las empresas es menor al de los hogares, lo cúal se relaciona que el mayor porcentaje de consumo de energía sea en los sectores privados.

También, el valor de la tarifa que se le cobra a los chilenos en sus hogares supera el promedio mundial, a pesar de esto nos encontramos por debajo de países desarrollados que poseen un enfoque en la eficiencia energética como EE.UU. (Ver Figura 4.6)

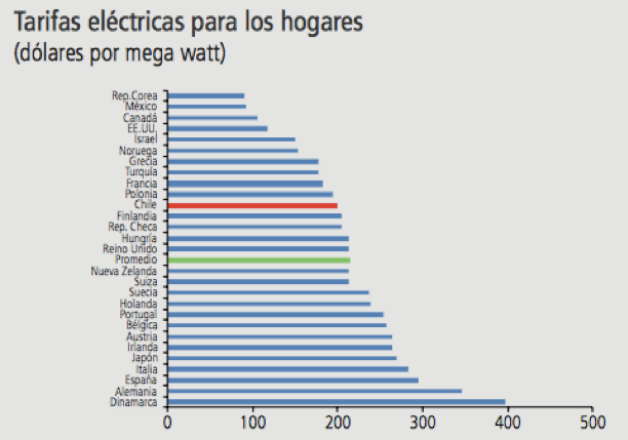


Figura 4.6: Tarifas eléctricas para los hogares del mundo. (Fuente: Banco Central (2013))

También, un factor que está directamente relacionado con la variación de precios de la tarifa eléctrica es el costo marginal promedio de la electricidad, este es "el precio a utilizar en la valorización de tranferencia de energía entre empresas generadoras" (Coordinador Eléctrico , 2017). Es decir, es el indicador del mercado eléctrico que define el costo de suministrar 1 KWh adicional al sistema interconectado. A continuación, se muestran las variaciones del costo marginal desde el 28 de febrero del 2017 hasta el 28 de febrero del 2018 tanto para Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado de Norte Grande (SING):

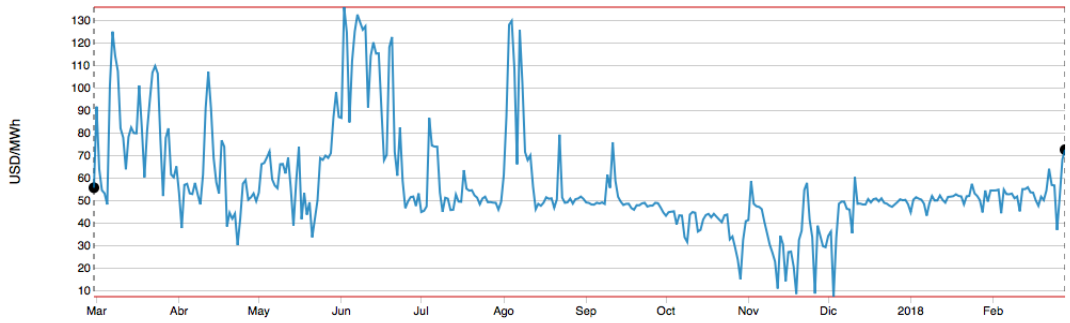


Figura 4.7: Costo marginal promedio del SIC. (Fuente: Energía Abierta, (2018))

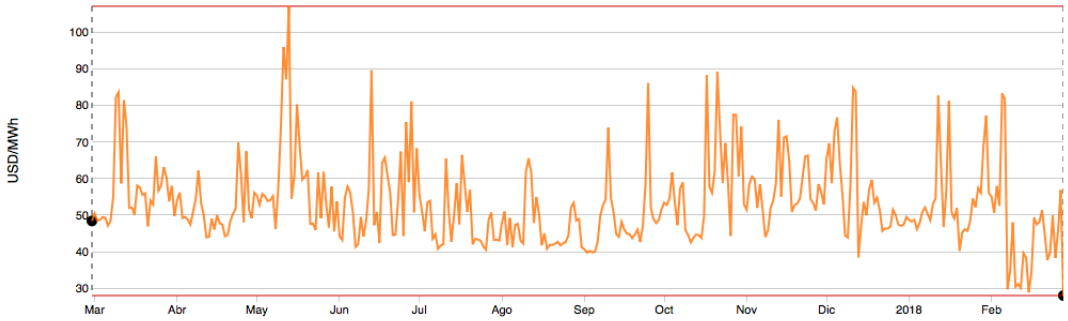


Figura 4.8: Costo marginal promedio del SING. (Fuente: Energía Abierta, (2018))

Con respecto a los costos marginales, se puede desprender una aumento final de un 30 % con respecto a febrero del 2017, pero en los costos marginales del SING ocurre lo contrario, disminuyó un 42 %.

Por otro lado, el precio de los hidrocarburos es determinado por la Comisión Nacional de Energía gracias al Mecanismo de Estabilización de Precios de los Combustibles y al Fondo de Estabilización de Precios del Petróleo. Existen dos precios que se calculan semanalmente para los combustibles gasolina automatriz de 93 y 97 octanos, petróleo diesel, gas licuado y kerosene doméstico.

> Se entiende por precio de paridad a la cotización observada en los mercados internacionales relevantes (el principal es el de la Costa del Golfo de Estados Unidos), considerando el valor FOB (free on board), los costos de transporte, seguros, derechos de aduana y otros gastos y costos de internación, según corresponda. Por su parte, los precios de referencia son valores esperados que reflejan el precio del respectivo combustible sin considerar la volatilidad de corto plazo. Estos precios de referencia se determinan para el caso de la Ley N° 20.765 en base al valor promedio pasado y futuro del petróleo crudo representativo de un mercado relevante y un promedio de valores pasados de diferencial de refinación, y los costos de transporte, seguros, derechos de aduana y otros gastos y costos de internación, según corresponda, y para el caso de la Ley N° 19.030, como la suma ponderada de tres componentes: i) componente ponderada histórica de los precio de paridad de los 4 últimos semestres; ii) componente proyección del precio de paridad de corto plazo (1 año); y iii) componente proyección de precio de paridad de largo plazo (10 años).
>
> (Comisión Nacional de Energía , 2018)

Además, otro factor influenciador es el precio que Chile compra el crudo de petróleo, existen dos tipos: WTI y el Brent, este último es ideal para la producción de gasolinas. A continuación, se muestra la variación de precios desde el 2014 hasta la actualidad:

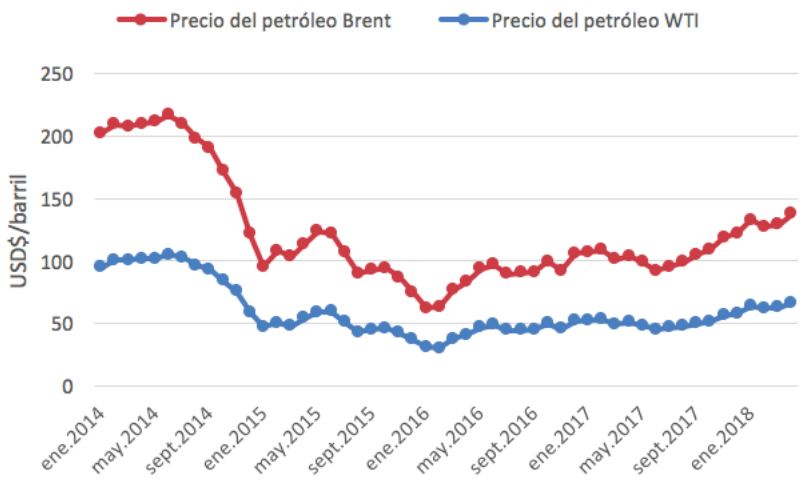


Figura 4.9: Variación del precio de compra del crudo de petróleo. (Fuente: Banco Central, (2018))

Se puede desprender, que los precios están relacionados entre sí, ya que siguen una tendencia similar.

4.4. Transferencia de Calor

La información de la sección 4.4, según el libro de Transferencia de Calor (Cengel, Y. A. y Ghajar, A.J. , 2011):

La transferencia de calor es el estudio del por qué ocurre esta transferencia, el calor es "la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura". La principal diferencia que existe entre la transferencia de calor y la termodinámica es que se preocupa este último por la cantidad de transferencia y no por cuánto tiempo ocurre el fenómeno.

El calor es conocido como la energía térmica, que en unidad internacional se mide en Joule (J), la cantidad de calor transferido se denotará como Q y la cantidad de calor transferido por unidad de tiempo (razón de transferencia de calor) se le denota por Q*, que tiene por unidad J/s, es decir, watt (W). La siguiente fórmula determina el calor, sabiendo la razón de transferencia de calor durante in intervalo de tiempo:

$$Q = \int_0^{\Delta} \dot{Q}\, \mathrm{d}t(J) \tag{4.1}$$

Además, el flujo de calor se considera como la razón entre la razón de transferencia de calor por unidad de área:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A}(W/m^2) \tag{4.2}$$

El calor puede transferirse a través de tres mecanismos: Conducción, convección y radiación, los tres ocurren cuando existe una diferencia de temperatura, dónde la transferencia tiene dirección desde la mayor temperatura hacia la de menor. En las siguientes secciones se explicarán.

4.4.1. Conducción

La conducción puede ocurrir en sólidos, líquidos y gaseosos, se transfiere la energía de las partículas más energéticas hacia las de menor energía. La conducción en los sólidos se debe a las vibraciones de las moléculas y al transporte de la energía a través de los electrones. La rapidez con la que ocurre la conducción depende de la configuración geométrica, su espesor, el tipo de material y la diferencia de temperatura: "la razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa"(Cengel, pagina 18), lo anterior se describe en la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{cond} = kA\frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x}(W) \tag{4.3}$$

Dónde k es la conductividad térmica del material (medida de la capacidad un material para conducir calor), A área de la sección donde ocurre la transferencia (sentido perpendicular),delta x el espesor y ΔT la diferencia de temperatura.

Otra propiedad es la difusividad térmica, la cual representa cuán rápido se difunde el calor por un material:

$$\alpha = \frac{Calorconducido}{Caloralmacenado} = \frac{k}{\rho c_p}(m^2/s) \tag{4.4}$$

Los problemas de transferencia de calor se pueden clasificar como estacionarios o transitorios. Los estacionarios significa que no existe cambio en el tiempo en cualquier punto del medio y los transitorios o no estacionarios, tienen una dependencia con el tiempo. En otras palabras, el flujo de calor permanece inalterados en las estacionarias en cualquier ubicación, aunque las dos cantidades pueden variar de una ubicación a otra, pero la transitorio presenta una variación con el tiempo, pero no en la posición, la temperatura cambia uniformemente en el tiempo.

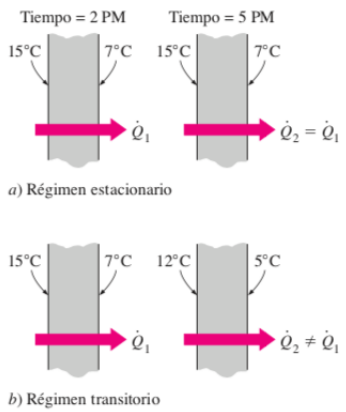


Figura 4.10: Conducción de calor estacionaria y transitoria en una pared plana (Fuente: Cengel, (2018))

La generación de calor es el proceso donde ocurre una conversión de energía mecánica, química o nuclear a calor, en el momento en que ocurre la transferencia de calor. La generación de calor es un fenómeno volumétrico, es decir, ocurre en todo el medio y la razón de este puede variar con el tiempo.

$$\dot{E}_{gen} = \int_V \dot{e}_{gen} dV \tag{4.5}$$

4.4.2. Convección

La convección es un mecanismo de transferencia de calor entre una superficie sólida y otra líquida o gaseosa que está en movimiento, entre mayor sea la velocidad del fluido, mayor es la transferencia de calor. Existen dos tipos: Convección forzada si el fluido es obligado a moverse por un medio externo (ventilador, bomba o viento), pero si el movimiento se origina por las diferencias de densidad debido a la variación de temperatura del fluido, se le llama convección natural o libre. La razón de transferencia de calor por convección es directamente proporcional a la variación de temperatura:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T\infty)(W) \tag{4.6}$$

Donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección que no se obtiene

experimentalmente, A_s es el área por la que ocurre la transferencia de calor, T_s es la temperatura de la superficie y T_∞ es la temperatura del fluido.

4.4.3. Radiación

La radiación es otra forma de que ocurra la transferencia de calor, es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas, debido a modificaciones de las configuraciones de los electrones de moléculas, esta no requiere de un medio (puede ocurrir en el vacío). La radiación térmica ocurre en todos los cuerpos que están a una temperatura mayor al cero absoluto.

La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la de un cuerpo negro a la misma temperatura:

$$\dot{Q}_{emitida} = \epsilon \sigma A_s {T_s}^4 (W) \tag{4.7}$$

Donde T_s es la temperatura de la superficie, A_s el área donde ocurre la tranferencia, σ es la constante de Boltzman y ϵ es la emisividad de la superficie. Otra propiedad es la absortividad, la cual es la fracción de la energía de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por esta:

$$\dot{Q}_{absorvida} = \alpha \dot{Q}_{incidente} (W) \tag{4.8}$$

4.4.4. Resistencias Térmicas

La resistencia térmica es la resistencia a la transferencia de calor en cualquiera de sus mecanismos, es decir, la capacidad de oposición del material al flujo de calor. Ell cálculo de la resistencia térmica depende del tipo de mecanismo:

La conducción en una pared plana:

$$\dot{Q}_{condpared} = \frac{\Delta T}{R_{pared}} (W) \tag{4.9}$$

$$R_{pared} = \frac{L}{kA}(\frac{^\circ C}{W}) \tag{4.10}$$

La convección:

$$\dot{Q}_{conv} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}}(W) \tag{4.11}$$

$$R_{pared} = \frac{1}{hA_s}(\frac{^\circ C}{W}) \tag{4.12}$$

La radiación:

$$R_{rad} = \frac{1}{h_{rad}A_s}(\frac{^\circ C}{W}) \tag{4.13}$$

Donde h_{rad} es el coeficiente de transferencia de calor por radiación:

$$h_{rad} = \frac{\dot{Q}rad}{A_s(T_s - Talred)} = \epsilon\sigma(T_s^2 + T_{alred}^2)(T_s + T_{alred})(W/m^2 \cdot K) \tag{4.14}$$

Las resistencias a la convección y la radiación son paralelas entre sí, por lo que para no complicar el cálculo de las resistencias por radiación, se utiliza el coeficiente de transferencia de calor combinado:

$$h_{combinado} = h_{conv} + h_{rad} \tag{4.15}$$

4.4.5. Coeficiente Global de TDC

Los intercambiadores de calor son aparatos que ayudan a dos fluidos a que se produzca el intercambio de calor, debido a que se encuentran a temperaturas diferentes y al mismo tiempo están separados por una pared sólida. La transferencia ocurre primero por convección, luego a través de la pared por conducción y termina nuevamente con convección, si existe radiación se incluye a la convección. La red de resistencias térmicas asociadas a este proceso queda de la siguiente forma:

$$R_{total} = R_i + R_{pared} + R_o = \frac{1}{h_i \cdot A_i} + \frac{ln(D_o/D_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o \cdot A_o} \tag{4.16}$$

Dónde, los subíndides i y o representan la superficie interior y exterior del tubo interior, A_i es el área de la superficie interior y A_o exterior.

Combinado las resistencias, la razón de transferencia de calor es:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R} = UA_s\Delta T = U_iA_i\Delta T = U_oA_o\Delta T \tag{4.17}$$

U es el coeficiente total de transferencia de calor, se tiene U_i y U_o, ya que los intercambiadores de calor tienen dos áreas superficiales para la transferencia que no necesatiamente son iguales.

$$R = \frac{1}{UA_s} = \frac{1}{U_iA_i} = \frac{1}{U_oA_o} \tag{4.18}$$

4.5. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones contiene las disposiciones reglamentarias de la Ley General de Urbanismo y Contrucciones, regula las procedimientos administrativos, el proceso de la planificación urbana, la urbanización de los terrenos, la construcción y los estándares técnicos de diseño. (DFL N°458 , 1975)

4.5.1. Permisos de Edificación

Según el artículo 116º de la Ley General de Urbanismo y Construcciones que establece que:

> La construcción, reconstrucción, alteración, ampliación y demolición de edificios y obras de urbanización de cualquier naturaleza, sean urbanas o rurales, requerirán permiso de la Dirección de Obras Municipales respectiva a la ubicación del inmueble, a petición del propietario, y con las excepciones señale la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
>
> (DFL N°458 , 1975)

Existen varios tipos de permiso de edificación dependiendo de su magnitud de construción, uno de estos es el de obras nuevas o ampliación mayor de 100 m^2, esta se contruye sin usar elementos preexistentes del terreno. Los antecedentes necesarios que se deben adjuntar a la solicitud del permiso de edificación son:

Documentos	Planos
Listado de documentos y planos numerados	Ubicación de predio
Certificado de informaciones previas vigentes	Emplazamiento
Formulario único de estadísticas de edificación	Planta de todos los pisos
Informe de Revisor Independiente	Cortes y elevaciones
Informe favorable del Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural	Planta de cubierta
Certificado de Inscripción Revisor Proyecto de Cálculo	Plano de cierro
Especificaciones Técnicas	Plano comparativo de sombras
Resolución que aprueba anteproyecto	Proyecto de cálculo estructural
Patentes de Profesionales Competentes	Planos de estructura
Agua Potable y Alcantarillado	
Cuadro de superficies	

Tabla 4.1: Antecedentes para Solicitud de Permiso de Edificación de Obras NUevas (Fuente: MINVU (2018))

Para los edificios, se piden los mismos documentos replicados para cada departamento. También, se requiere la carpeta de ascensores que cuenta con:

- Plano General de ascensores, montecargargas,escaleras o rampas mecánicas, que individualiza cada una de estas instalaciones.
- Especificaciones técnicas de cada una de las instalaciones de ascensores, montecargas, escaleras o rampas mecánicas, que corresponda.
- Estudio de Ascensores

Por otro lado, existen las obras menores que son aquellas que no alteran la infraestructura de la edificación existente y las ampliaciones que se ejecuten de manera sucesiva en el tiempo, ambas pueden alcanzar hasta un máximo de 100 m^2. El Director de Obras Municipales, entrega el permiso con un plazo máximo de 15 días si se presentan los siquientes antecedentes (DFL N°458 , 1975) :

- Solicitud firmada por el propietario y el arquitecto autor del proyecto.
- Declaración simple del propietario manifestando ser titular de dominio del predio.
- Fotocopia del Certificado de Informaciones Previas.
- Declaración simple del arquitecto autor del proyecto, en que se señale que la obra menor cumple con todas las normas de la Ley General de Urbanismo y Contrucciones y de la Ordenanza, cuando corresponda.
- Croquis de emplazamiento, a escala, en que se grafique las edificaciones existentes y la obra menor, con indicación de sus distancia hacia los deslindes respectivos, incluyendo los puntos de ampliación de rasantes.
- Plano a escala 1:50, en que se grafique planta general y elevaciones con las cotas mínimas indispensables, que permitan definir los aspectos formales, dimensionales y funcionales de la obra menor con individualización de los recintos y cuadro de superficie.
- Especificaciones técnicas resumidas, señalando las partidas más relevantes de la obra.

4.5.2. Reglamentación Térmica

El Artículo 4.1.10 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones conocida como la Reglamentación Térmica de vivienda, define la transmitancia térmica y la resistencia térmica total mínima para la techumbre, muros, pisos ventilados y ventana, para cada zona térmica, que fueron definidas en dos etapas hasta el 2007. A continuación, se muestran los valores establecidos:

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Figura 4.11: Exigencias térmicas a elementos envolventes de la vivienda. (Fuente: MINVU (2018))

Las siete Zonas Térmicas se definieron bajo el criterio de los Grados Día de Calefacción anuales, esto se relacionan directamente con la demande de energía que requiere la vivienda para lograr una temperatura interior de 15°C. (Waldo, B. G. y Yoseline, R.U. , 2015) En la siguiente gráfica se muestra las zonas térmicas con sus respectivos rangos de GD de calefacción:

Zona Térmica	Grado Día (Anual base 15°)
1	≤ 500
2	$> 500 - \leq 750$
3	$> 750 - \leq 1000$
4	$> 1000 - \leq 1250$
5	$> 1250 - \leq 1500$
6	$> 1500 - \leq 2000$
7	> 2000

Tabla 4.2: Grados Días anuales por Zona Térmica. (Fuente: Guía de Diseño para la EE en la Vivienda Social (2009))

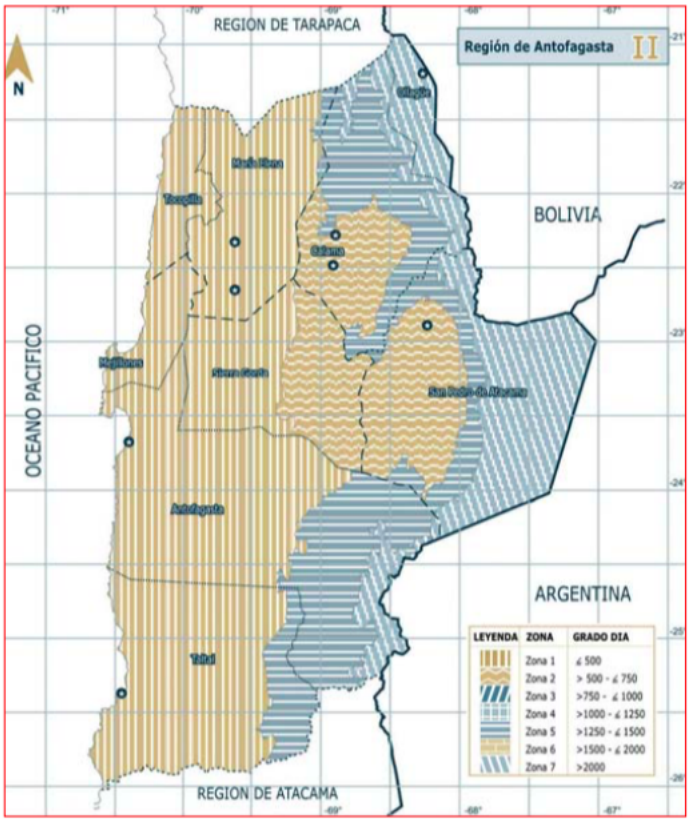


Figura 4.12: Mapa de zonificación térmica de la región de Antofagasta. (Fuente: Guía de Diseño para la EE en la Vivienda Social (2009))

La techumbre se considera como todos los elementos contructivos, como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenetas y vigas. Los muros son cuyo plano de termiación interior tenga una inclinación de más de 60° (medidos desde la horizontal), los pisos ventilados los elementos que no están en contacto directo con el terreno y escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior. Por último, las ventanas son las que contituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

4.6. Equipos de Calefacción y Agua Caliente Sanitaria

4.6.1. Potencia y Rendimiento

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile define los siguientes conceptos relevantes (Cámara Chilena de Refrigeración y climatización A.G. , 2007):

- Demanda energética (potencia): En relación con el objetivo del uso racional de la energía, se deberá cumplir con criterios generales incorporados al reglamento que permita optimizar la demanda energética, la que es condicionada por un gran número de factores, tales como: la calidad térmica de la envolvente, la distribución de los espacios interiores en función de su utilización, las cargas térmicas interiores, los criterios de diseño de los subsistemas que componen la instalación, tanto en lo relativo a la producción de los fluidos portadores como a la zonificacion de los espacios, la flexibilidad de funcionamiento, el control de cada subsistema, etc., y, finalmente los criterior de explotación, especialmente el régimen de ocupación de los espacios y el servicio de mantenimiento.

- Potencia nominal útil de una caldera: La potencia calorífica máxima que, según determine y garantice el fabricante, se puede suministrar en funcionamiento continuo, ajustándose a los rendimientos útiles declarados por el el mismo fabricante.

- Rendimiento útil de una caldera: La relación entre el flujo de calor transmitido al fluido portador y el producto del PCI a presión constante del combustible por el consumo en la unidad de tiempo.

4.6.2. Integración de Sistemas Térmicos

Las tecnologías de alta eficiencia y de energías renovables no convencionales que son utlizadas en sistemas térmicos de baja temperatura para climaticación y abastecimiento de agua caliente sanitaria son:

- Energía solar térmica
- Energía geotérmica de baja temperatura
- Bombas de calor eficientes
- Calderas de Condensación

4.7. Sistema de Calificación de Eficiencia Energética

¿Qué es la eficiencia energética? "Esta se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso." (ANESCO , 2018)

Hoy en día en Chile solamente cuenta con el sistema CEV, Calificación de Enérgética de Viviendas, el cual puede ser considerado como una herramienta que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en etapa de uso, a través del cálculo de diferentes factores comparándolos con un modelo referencial. En el año 2007, se estandarizó la edificación a través del Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile:

> Este Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones mínimas, que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, enfriamiento, ventilación y producción de agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente y teniendo en cuenta a la vez los demás requisitos esenciales que deben cumplirse en los edificios, y todo ello durante un período de vida económicamente rezonable
>
> (Cámara Chilena de Refrigeración y climatización A.G. , 2007)

Se consideran viviendas nuevas aquellas que fueron construidas posterior a la puesta en marcha del reglamento, la vivienda cuenta con el permiso de edificacion o modificaciones y cuya recepción final de obra nueva tenga una data menor a cinco años. (Calificación Energética , 2013)

Los factores relevantes que se utilizan para el cálculo son: Demanda de energía y envolvente térmica, ganancias solares por ventanas, equipos transformadores de energía e índice de sobrecalentamiento. En el siguiente esquema se muestran los factores:

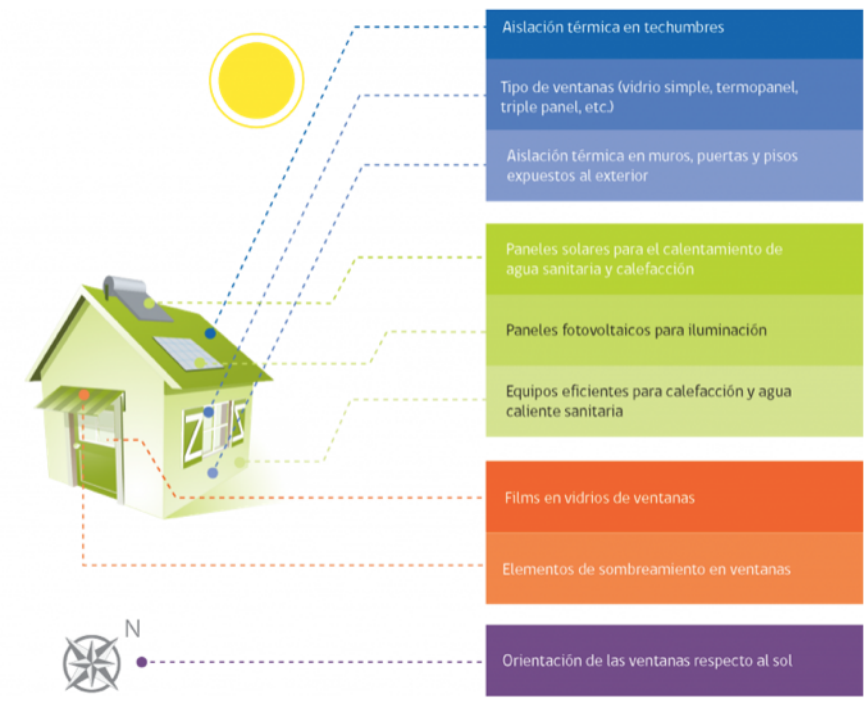


Figura 4.13: Factores de evaluación para calificación energética. (Fuente: Calificación energética (2012))

La vivienda que se utiliza de referencia para la comparación tiene la misma geometría, ubicación geográfica, ganancias internas y superficie vidriada que la vivienda que se desea calificar. Sin embargo, posee factores diferentes como: la orientación de las ventanas, considera ventanas de vidrio simple y los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria poseen rendimientos establecidos.(Calificación Energética , 2013)

Los principales indicadores que entrega la certificación son (Calificación Energética , 2013):

- Porcentaje de ahorro en la demanda de energía para lograr calefacción enfriamiento e iluminación apropiados para la vivienda: el porcentaje de mejora se obtiene al comparar la demanda de energía de la vivienda evaluada con la demanda de energía de una vivienda de referencia, y representa la eficiencia

energética de la arquitectura de la vivienda.

- Nivel de eficiencia energética: LETRA en función del porcentaje de disminución de la demanda de energía y de manera ilustrativa, se asigna una letra a la vivienda que van desde la A+ a la G, donde la A+ representa los porcentajes más altos de ahorro, mientras que la G representa un consumo mayor al estándar mínimo.

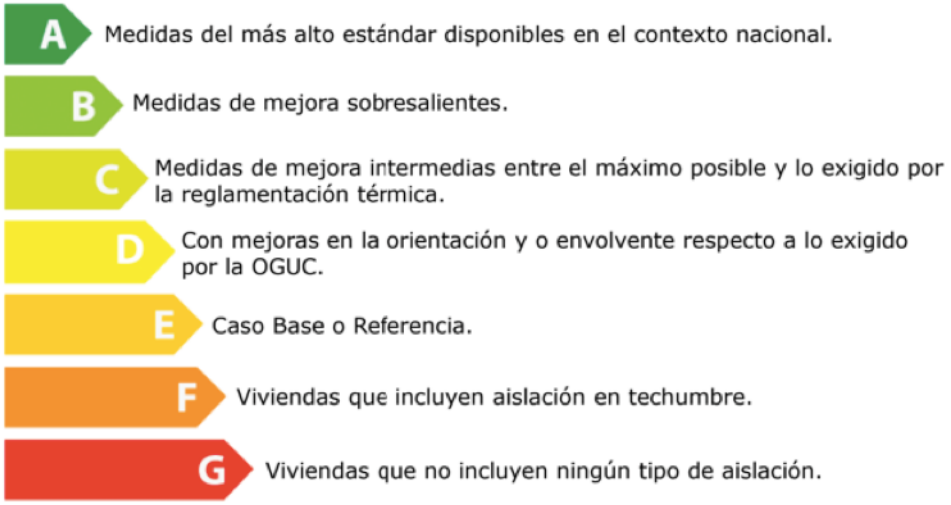


Figura 4.14: Indicadores de calificación energética de viviendas.)Fuente: Calificación energética (2012))

- Requerimiento energético: Este indicador se desglosa en la demanda de energía por metro cuadrado de la vivienda (kWh/m2), y la demanda de energía para calefacción y enfriamiento por separado.

A pesar del sistema que posee Chile, se desea expandir a viviendas construidas antes del 2007 (antes de la reglamentación térmica), que según la planificación debieron comenzar los estudios en el 2013, por esto con la presente memoria se desea complementar el proceso de certificación energética de viviendas en Chile.

5 | Metodología

5.1. Recopilación de información

La recopilación de información se centra en la búsqueda de tres factores claves:

- Información del sistema de certificación de eficiencia energética de viviendas en Chile, que existe actualmente.
- Información de sistemas internacionales que certifiquen energéticamente todo tipo de viviendas.
- Información del proceso legal para la validación de la construcción de viviendas

5.1.1. Información Sistema CEV

Para la búsqueda de información del sistema acutual que existe en Chile, el Profesor Francisco Dall' Orso, realizó el curso de Evaludores Energéticos, por lo cuál se tuvo acceso a las cinco presentaciones donde se explica el uso de la planilla de excel que realiza el cálculo de la eficiencia energética de la vivienda. Además, se complementó con la información del Manual de Procedimiento para la Calificación Energética de Viviendas en Chile.

Luego, se realizó la revisión de la literatura, identificando como funciona el sistema y cuales son sus requerimientos para su correcto funcionamiento.

5.1.2. Información Sistemas Internacionales

La búsqueda de sistemas internacionales consistió en seleccionar los países más eficientes energéticamente. Según la ACEEE (The American Council for an Energy-Efficient Economy) estos son:

- Alemania
- Irlanda
- Dinamarca
- Reino Unido
- Noruega
- Francia
- Austria
- Italia
- Estados Unidos
- Australia

En Estados Unidos y Australia se encontraron sistemas para calificar la eficiencia energética de las viviendas, sin embargo, sólo se pudo acceder a la información de Australia. En Australia, se utiliza un sistema llamado First5Rate, en la página web se pudo acceder al manual y descargar el programa. Gracias a lo anterior, se pudo identificar su funcionamiento y los requerimientos de este.

5.1.3. Información Proceso Legal

Dentro de los requerimientios que se identificaron se encuentran los planos arquitectónicos de las viviendas, por lo que, para entender los requerimientos, se realizó una descripción de cada uno de ellos.

La recopilación de información del proceso legal para verificar las contrucciones, se obtuvo por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, que regula la Ley General de Urbanismo y Construcciones. Gracias a esto, se obtuvo información de los requerimientos para construir viviendas nuevas que cumplen con la reglamentación térmica. Además, ayudó a entender el proceso para validar contrucciones antiguas, que no cuentan con los permisos de edificación, ni de recepción.

5.2. Benchmarking

El benchmarking se realizó comparando el sistema de Chile y el de Australia. En primer lugar, en una planilla excel, se ingresaron todas las variables requeridas para el funcionamiento para cada uno de los sistemas.

SISTEMA CHILE		SISTEMA AUSTRALIA	
		Detalles de los clientes	Nombre del cliente
Datos generales e identificación del proyecto	Tipo de calificación		Dirección postal
	Zona térmica		Suburb
	Comuna		State
	Región		Código Postal
	Identificación de la vivienda a calificar		Número de telefono
	Nombre del proyecto		Email
	Dirección de la vivienda	Detalles del ascesor	Nombre del ascesor
	Tipo de vivienda		Número de acreditación de NATHERS
	Rol de la vivienda		Declaracion de intereses
	Nombre del evaluador energético	Zona climática	Zona térmica
	Rol registro de evaluadores	General	Rating Mode
	Fecha de emisión de la evaluación		Altura del piso sobre el nivel del suelo
	Fecha de vencimiento de la evaluación	Detalles de vivienda	Título de proyecto
	Código evaluación energética		Dirección postal
	Nombre del mandante		Suburb
	RUT del mandante		State
Descripción general de los elementos de la envolvente	Muro principal y secundario		Postcode
	Piso ventilado principal y secundario		NCC Class
	Ventana principal y secundaria	Materiales claves de construcción y aislamiento	Tipo de murallas externa
Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria	Sistema de calefacción		Tipo de techo
	Sistema de agua caliente sanitaria		Tipo de piso
	Área por piso y total		Aislante de muralla
	Altura por piso y total		Aislante del cielo
	Volumen por piso y total		Aislante de piso
Área y coeficiente de tranferencia de calor por elemento constructivo	Área de puertas, ventanas, piso ventilado, muros, techos		Marco de ventana
	Trasmitancia de puertas, ventanas, piso ventilado, muros, techo		Tipo de vidrio
	Factor RVM	Arquitecura	Planos de la vivienda en PDF
	Piso en contacto con terreno		Escalar
	kl		Pisos de la vivienda
Ventanas (sombreamiento y orientación)	Coeficiente de accecibilidad de la ventana por orientación		Zonas de la vivienda
	Área de la ventana por orientación		Orientación
	Factor solar del vidrio por orientación		Tipo de ventilación de techo
	Factor del marco de la ventana por orientación		Detalles de techo, piso, aislantes por zonas
	6 Orientaciones		niveles de aislamiento
	FM por orientación		Detalle de murallas por zonas
Definición de la metodología a usar en cálculo de la demanda de calefacción	Cálculo dinámico		tipo de ventilacion de aire
	Cálculo estático		aleros: sombreado
Resultados del cálculo de demanda calefacción + iluminación	Demanda de calefacción		Proyección de sombra
	Demanda de iluminación	Análisis	Calcula la calefacción dependiendo de la orientacióin
	Temperatura de base		Calcula y grafica la temperatura interna por zonas

Figura 5.1: Extracto de planilla excel que muestra requerimientos de variables para los sistemas. (Fuente: Elaboración Propia (2018))

Luego, se procedió a realizar la tabla comparativa entre los sistemas, identificando similitudes y diferencias. (Tabla 6.2)

En segundo lugar, al identificar en la recopilación de información que los documentos eran factores claves para la verificación de las variables que se ingresan al sistema, se utilizó el mismo proceso anterior para realizar una tabla comparativa entre los documentos necesarios para el funcionamiento del sistema de Chile y Australia. (Tabla 6.1)

5.3. Creación de Propuesta

5.3.1. Priorización de Mejoras

Existe una limitante para proponer una solución a todas las mejoras que se identificaron, la cual consiste en el conocimiento técnico de los materiales de construcción de viviendas, sobre todo para encontrar una solución adecuada para encontrar materiales similares si es que la vivienda esta contruida a partir de alguno que no se encuentre en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas. Estos conocimientos, si los tienen arquitectos, constructores civiles o ingenieros de obras civiles

En base a lo anterior, se propondrán mejoras para la obtención de los documentos y especificaciones técnicas necesarios para el sistema actual de Chile, para que se puedan calificar viviendas de todo tipo.

5.3.2. Búsqueda de Banco de Documentos

Los documentos requeridos para el correcto funcionamiento del sistema son fundamentales para la verificación de los parámetros, los planos arquitectónicos y las especificaciones técnicas al ser requisitos para obtener el permiso de edificación y la recepción municipal definitiva, estos podrían encontrarse en un banco de documentos.

Se visitaron dos municipalidades con el objetivo de corroborar si estas cuentas con un repositorio de los documentos. Tanto el área de Obras Civiles de la Ilustre Municipalidad de Santiago como la de Colina, tienen acceso a los planos arquitectónico y especificaciones técnicas de forma física y digital.

5.3.3. Cotización de Documentos

En las visitas a las municipalidades, se consultaron los costos para los planos arquitectónicos, copia por documentos de especificaciones técnicas y el desarchivo, este último se refiere al costo por la búsqueda y trasladar los documentos. A continuación se muestran los costos asociados a la obtención los documentos para la Municipalidad de Santiago y Colina:

Desarchivo	$ 6.543
Copia por Plano	$ 9.546
Copia por Hoja de ET	$ 50

Tabla 5.1: Cotización documentos Municipalidad de Colina. (Fuente: Elaboración Propia (2018))

Desarchivo	$ 1.920
Copia por Plano	$ 4.802
Copia por Hoja de ET	$ 48

Tabla 5.2: Cotización documentos Municipalidad de Santiago. (Fuente: Elaboración Propia (2018))

Para los costos de la propuesta se utilizará los valores de la Municipalidad de Colina, por ser mayores que los de Santiago y poder obtener el mayor márgen posible de cúanto se encarecería la certificación.

5.3.4. Cantidad de Documentos

Los documentos requeridos se definieron a partir de los requerimientos del sistema actual en Chile, que son similares a los de Australia a excepción del plano de puertas. A partir de la descripción que se obtiene de la recopilación de información sobre los planos arquitectónicos y de la cantidad mínima de planos solicitados para la aprobación de la recepción final en la Municipalidad de Colina, se determinó la cantidad de planos. Para el caso de las especificaciones técnicas, se utilizó un aproximado de

cantidad de hojas a partir de la experiencia de una de las funcionarias del área de Obras Civiles de la Municipalidad de Colina.

5.3.5. Costo Total

Para el cálculo de costo total por cantidad de pisos, para determinar cuanto se encarece la calificación de la vivienda, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT_i = N_{ET} * C_{ET} + C_D + N_{Pi} * C_P \tag{5.1}$$

$$N_{Pi} = n + i \tag{5.2}$$

Donde:

i: Número de pisos de la vivienda.

n: Cantidad de planos, sin contabilizar los planos de plantas.

CT_i: Costo total por cantidad de pisos, donde i es el número de piso.

N_{ET}: Cantidad de hojas de especificaciones técnicas.

C_{ET}: Costo unitario de copia de hoja.

C_D: Costo fijo por desarchivo de documentos.

N_{Pi}: Cantidad total de planos.

C_P: Costo unitario de copia de planos.

En el Anexo B.2. se encuentra el desarrollo del cálculo del costo total para la petición de documentos.

5.3.6. Capacitación

Es necesario realizar una propuesta para poder capacitar a los evaluadores energéticos, considerando que son aproximadamente 500 personas a lo largo de Chile. Por ende, se buscaron alternativas dónde el encargado de la capacitaición puediera realizar la presentación de la modificación de la metodología de calificación, sin centralizarla en Santiago.

5.4. Análisis FODA

El análisis FODA busca contraponer una perspectiva externa (entorno del proyecto) e interno (situación del proyecto). La externa hace referencia a las amenazas y oportunidades, en cambio, la perspectiva interna a las fortalezas y debilidades.

Las oportunidades son las tendencias que pueden repercutir positivamente sobre los planes existentes o futuros. Las fortalezas son aquellos aspectos positivos que generan ventajas competitivas.

Las debilidades son los aspectos criticables de la organización o el proyecto, es decir, características negativas que le ocasionan desventajas y deberían ser mejoradas. Las amenazas son tendencias que pueden repercutir negativamente sobre los planes del proyecto o la organización, se debe tener en consideración el grado de impacto y la probabilidad de ocurrencia.

(Universidad de Chile , 2016)

6 | Resultados

6.1. Recopilación de información

6.1.1. Sistema de Chile

La información de la sección 6.1.1. se basa en el Manual de procedimiento para la calificación energética de viviendas en Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo , 2013):

6.1.1.1. CEV

El sistema de calificación energética de viviendas nuevas (CEV) es un instrumento que califica la eficiencia energética de una vivienda nueva en su etapa de uso, a través del cálculo, estático o dinámico, realizado con un modelo estimativo referencial.

Se considera como vivienda nueva, a las viviendas que están construidas después del 2007, ya que desde allí comenzó la reglamentación térmica de viviendas con aislación térmica en techumbre, muro y pisos. A continuación se muestra el porcentaje de viviendas existente antes y después de la reglamentación:

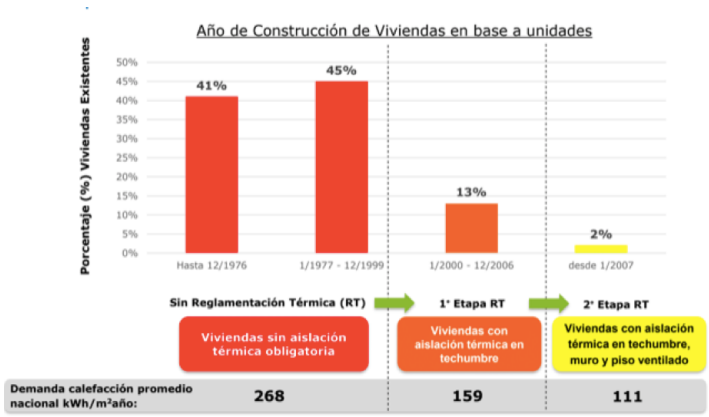


Figura 6.1: Porcentaje de viviendas existentes. (Fuente:Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial de Chile (2010))

Existen dos tipos de calificación: la pre-calificación energética y la calificación energética para las viviendas nuevas. La pre-calificación es la calificación de eficiencia energética del proyecto de arquitectura de una vivienda nueva, necesita el permiso de edificación, y es válida hasta la recepción municipal de la obra, también es útil para la publicidad de la vivienda para las ventas verdes, pero siempre se debe informar que es de carácter provisorio. Además, la pre-calificación no es un requisito para la calificación, pero sirve para realizar una eventual proyección. La calificación energética tiene una duración de 10 años, o hasta que se modifique la vivienda evaluada, permite promocionar la eficiencia energética, permitiendo que el cliente pueda comparar la vivienda en forma objetiva, a través de la etiqueta y el informe que se entrega.

El sistema de calificación de eficiencia energética está compuesta por:

- Plataforma web www.calificacionenergetica.cl
- Manual de Procedimiento CEV Chile
- Herramientas de cálculo (Excel y web) de la CEV
- Programa de cálculo dinámico CCTE
- Informe y etiqueta de la calificación energética

La herramienta de cálculo de Excel, la utiliza el calificador energético para ingresar la información de la vivienda. Se divide en las siguientes secciones:

1. Características de la vivienda
   - Datos generales e identificación del proyecto
   - Descripción general de los elementos de la envolvente
   - Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria
2. Dimensiones de la vivienda
3. Características térmicas de la vivienda
   - Área y coeficiente de tranferencia de calor por elemento constructivo
   - Ventanas (sombreamiento y orientación)
4. Definición de la metodología a usar en cálculo de la demanda de calefacción
5. Resultados del cálculo de demanda calefacción + iluminación
6. Definición de los equipos y sistemas
   - Sistemas de calefacción
   - Sistema de agua caliente sanitaria
   - Sistema de iluminación
   - Sistemas de captación de energías renovables no convencionales
   - Sistema solar para aporte en calefacción y agua caliente sanitaria
   - Propiedades del colector
   - Sistema fotovoltaico para aporte de iluminación
7. Resultados del consumo de energía de la vivienda
8. Índice de sobrecalentamiento

En el Anexo A.1. se puede encontrar el detalle de la planilla de excel del sistema de calificación de eficiencia energética.

El programa de cálculo dinámico CCTE es un software que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile que pone a disposición de profesionales del área de construcción, para poder estimar el nivel de demanday consumo energético en calefacción y refrigeración para las viviendas. El software tiene la capacidad de modelar en 3D la vivienda que se desea calificar, pero para esto se debe contar con todos los planos arquitectónicos en formato PDF.

En el software se pueden ingresar algunos parámetros generales como:

- Información climática
- Orientación del edificio
- Tipo de edificio
- Clase de los espacios habitables
- Datos del proyecto
- Datos del evaluador

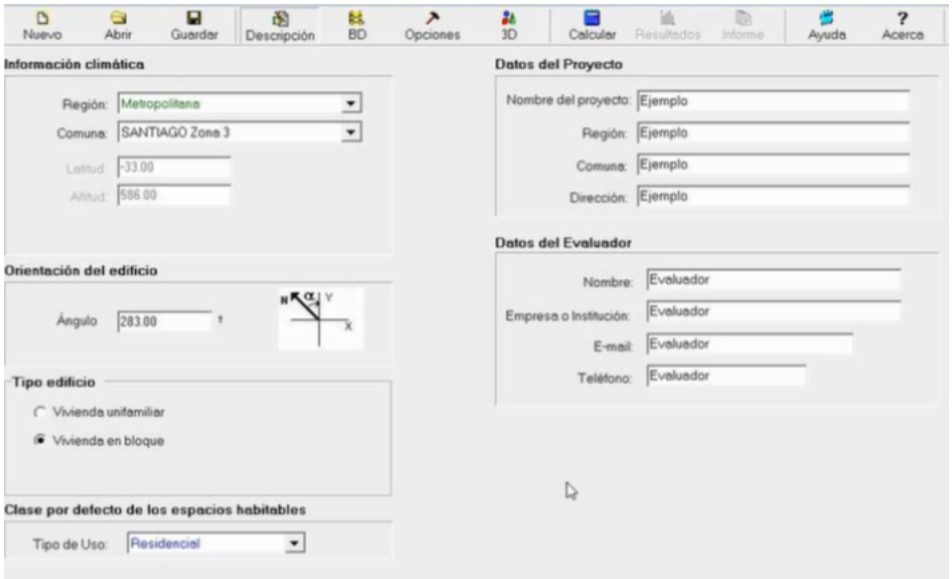


Figura 6.2: Ventana del software CCTE para la descripción general. (Fuente: Calificación energética (2018))

El software cuenta con una base de datos de materiales y productos, vidrios, marcos,cerramientos, vanos y lucernianos. El encargado del software debe verificar que los materiales que se utilizarán en la vivienda se encuentran dentro de las carpetas.

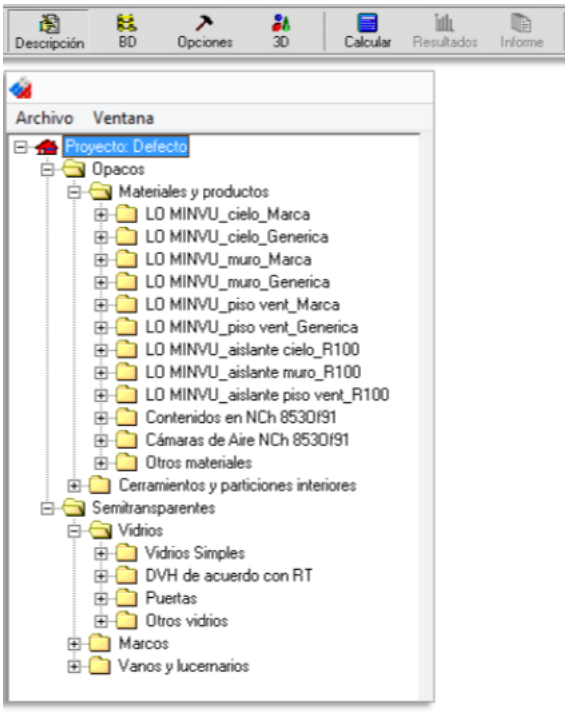


Figura 6.3: Ventana del software CCTE, muestra las carpetas de materiales (Fuente: Calificación energética (2018))

6.1.1.2. Documentos Requeridos

Los documentos mínimos requeridos para la calificación energética son:

- Solicitud de calificación energética de viviendas:

  - Solicitud del mandante para realizar la calificación energética de la vivienda del proyecto.

  - Identificación de todas las vivienda del proyecto con direción y rol, identificación del mandante.

  - Indicar nombre y RUT (persona natural o jurídica).

  - Declaración que indique que la vivienda del proyecto se contruyeron de acuerdo a planos y especificaciones técnicas aprobadas.

- Fotocopia certificada ante notario del permiso de edificación (y sus modificaciones).
- Fotocopia certificada ante notorio del certificado de recepción municipal definitiva.
- Copia de juego de planos aprobados en la recepción municipal definitiva:

  - Plano de loteo y emplazamiento.

  - Plantas de todos los pisos.

  - Elevaciones correspondientes a todas las fachadas.

  - Cortes longitudinales y transversales de arquitectura. Al menos un corte escantillón donde se indiquen las alturas interiores de los recintos y los espesores y materiales que conforman los sistemas contructivos.

  - Plano de puertas y ventanas.
- Especificaciones técnicas aprobadas en la recepción municipal definitiva:

  - Materialidad, espesores, densidad y demás características de los elementos que conforman la envolvente, y especialmente la aislación térmica utilizada (tipo, espesor y densidad del material aislante).

  - Tipo de ventana: Debe indicar tipo de marco (materialidad), tipo de elemento transparente (monolítico, o doble vidriado hermético), espesor de vidrios, tipo de vidrio (en el caso de vidrios especiales) y, en caso de doble vidriado hermético, dimensión del espaciador entre los vidrios.

  - Si tiene sistema de calefacción y agua caliente sanitaria, se debe indicar marca, modelo y características de los equipos instalados (potencia) y del sistema (si las cañerías cuentan con aislación).
- Formato de acreditación térmica para calificación energética de viviendas.

  - Valores de conductividad distintintos: Certificado de ensayo de conductividad térmica del material (NCh850) o transmitancia térmica de la solución contructiva (NCh 851)

- Formato de acreditación de ventanas.

  - Valor de transmitancia térmica distinto: Certificado de ensayo de transmitancia térmica de la ventana, elaborado por un laboratorio internacional válido.

  - Espesor espaciador mayor a 5mm: Indicación en declaración del mandante donde indique el espesor del espaciador utilizado.

  - Vidrio especial con CS distinto: Copia de factura de la compra de los vidrios

  - Vidrio especial con CS distinto: Documento emitido por el fabricante que acredite el CS del vidrio

  - Vidrio especial con CS distinto: Documento firmando por el dueño del proyecto donde se indique el valor de su CS utilizado y los m2 de vidrio y su respectivo CS

También, dependiendo de los casos se pide:

- Documentos relacionados al cálculo dinámico de la demanda:

  - Informe de resultado de la simulación con CCTE_SCEV

  - Archivo de simulación de CCTE_SCEV

- Documentos relacionados a calefacción:

  - Copia de factura de compra del o los sistemas principales de calefacción (indicando el que se usó para el cálculo)

  - Memoria de cálculo del rendimiento de generación de la caldera (rendimiento diferente al que indica la planilla)

  - Copia de la factura de compra de la caldera (rendimiento diferente al que indica la planilla)

  - Certificado de rendimiento de la caldera (rendimiento diferente al que indica la planilla)

- Documentos relacionados al agua caliente sanitaria:

  - Copia de la factura del o los sistemas principales de ACS (indicando el que se usó para el cálculo)

  - Memoria de cálculo del rendimiento de generación del sistema (rendimiento diferente al que indica la planilla)

  - Copia de la factura de compra del sistema**

  - Certificado de rendimiento de los elementos principales (rendimiento diferente al que indica la planilla)

- Documentos relacionados a los sistemas solares térmicos:

  - Especificaciones técnicas del sistema

  - Copia de la factura de compra del sistema solar térmico

  - Memoria de cálculo de todos los valores requeridos

  - Copia de la resolución exenta de SEC donde se autoriza el ingreso del producto al registro

  - Copia de la garantía del sistema solar térmico

- Documentos relacionados a los paneles solares fotovoltáicos:

  - Especificaciones técnicas del sistema

  - Copia de la factura de compra del sistema

  - Memoria de cálculo de todos los valores requeridos

  - Certificado de rendimiento del panel fotovoltáico

  - Copia de la garantía del sistema solar fotovoltáico

- Documentos relacionados con el cálculo del promedio ponderado:

  - Carta de promedio ponderado

  - Copia de las etiquetas de todas las viviendas que componen el conjunto o edificio

  - Formato de presentación para publicidad del promedio ponderado

- Declaraciones del mandante para la calificación energética

6.1.2. Sistema Australia

La información de la sección 6.1.2. es en base al FirstRate5 Manual (FirstRate5 , 2018):

6.1.2.1. FirstRate5

FirstRate5 es un programa australiano para modelar viviendas en 2D y 3D, que sean nuevas, existentes o que posean alguna ampliación. La calificación depende del tipo de vivienda, el territorio y el estado. El software divide la zonificación climática en 69 partes, como se muestra en el siguiente mapa:

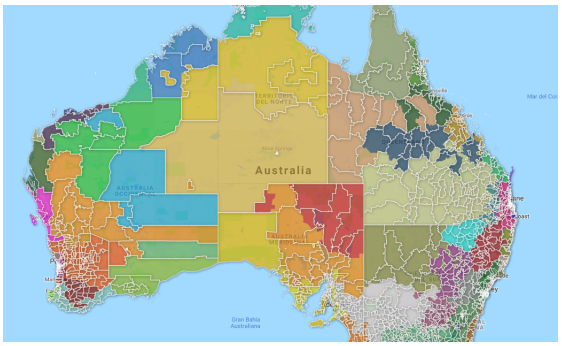


Figura 6.4: Zonificación térmica de Australia. Fuente: Nathers (2018)

En general, la calificación energética se lleva a cabo por un arquitecto, ya que es necesario ingresar los planos en formatoPDF del progrma.

Las partes del programa son:

- Proyecto
- Planos
- Zonificación
- Tipos de murallas y biblioteca de murallas
- Ventanas y ventanas de techo (tragaluz)

- Análisis:

  Orientación

  Coeficiente de ventanas: SHGC (Coeficiente de ganancia solar)

  Desempeño de la vivienda sin calefacción, incluye la temperatura inter de todas las habitaciones en distintos intervalos de tiempo.

- Reporte: Identificar los puntos débiles del diseño.

En el Anexo A.2. se puede encontrar el detalle del software de calificación de eficiencia energética.

Además, el rating de viviendas eficientemente energéticas es del 1 al 10, simbolizadas por estrellas. También, la etiqueta entrega la cantidad de energía (MJ) necesaria para calentar un m^2 de la vivienda.

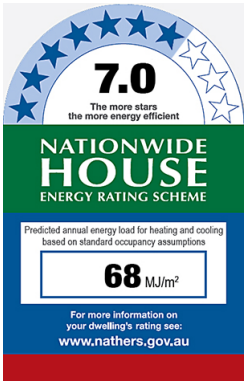


Figura 6.5: Etiqueta energética de FirstRate5 . (Fuente: Nathers (2018))

6.1.2.2. Documentos Requeridos

Los documentos requeridos deben estar en formato PDF, los documentos mínimos son:

- Planos del sitio. Incluye el norte y contrucciones adyacentes.
- Planos del piso, incluye cobertura.
- Elevaciones.

- Cortes
- Plan de iluminación, incluye los detalles de la luminaria.
- Detalle de materiales de construcción.
- Tipo de ventanas.

6.1.3. Planos de Arquitectura de Viviendas

Los documentos requeridos para utilizar los sistemas de Chile y Australia, se encuentran diferentes planos que es necesario entender que información entregan.

6.1.3.1. Plano de Situación y Emplazamiento

En general, los planos situación y emplazamiento se suelen confundir, por esto, es importante entender que información entregan.

En primer lugar, el plano de situación muestra una vista general donde se encuentra ubicado el proyecto, sin un mayor detalle.

Figura 6.6: Ejemplo de plano de situación. (Fuente: Recursos Interior (2018))

En cambio, los planos de emplazamiento muestran un zoom de la zona donde se va a ubicar el proyecto, donde se detallan los nombres de calles y zonas que delimitan el espacio.

Figura 6.7: Ejemplo de plano de situación. (Fuente: Recursos Interior (2018))

6.1.3.2. Plano de Plantas de Pisos

Los planos de plantas muestran la relación vistos desde arriba entre habitaciones, espacios y características físicas. Estos ayudan a verificar si el espacio es adecuado para cumplir su propósito, y gracias a este, se puede viasualizar el tránsito de las personas por los espacios. Los planos de plantas se dibujan para cada piso que tenga la vivienda.

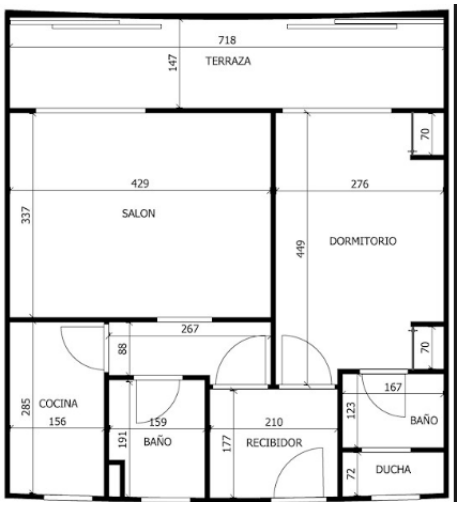


Figura 6.8: Ejemplo de plano de plantas de pisos (Fuente: Recursos Interior (2018))

6.1.3.3. Plano de Elevaciones

Los planos de elevaciones son las proyecciones ortogonales de todas las caras visibles de un proyecto. Estas caras se proyectan en planos imaginarios paralelos. Las elevaciones también se les llama fachadas o alzados. La importancia de estos planos es que muestran la forma del proyecto, los materiales empleados en la realización de este y ayudan a entender el proyecto con el contexto. En Chile, las elevaciones se les llama dependiendo hacia dónde apunta la cara:

- Elevación Norte
- Elevación Sur
- Elevación Oriente (este)
- Elevación Poniente (oeste)

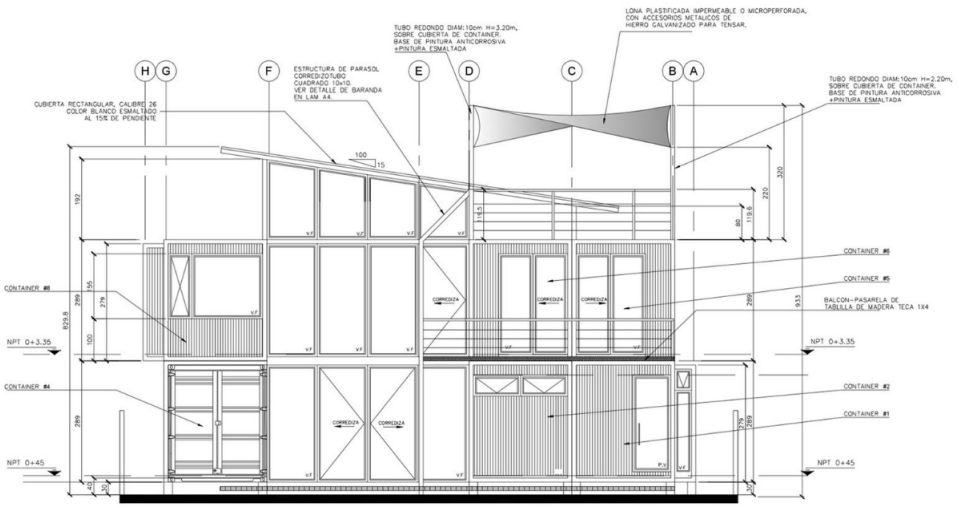


Figura 6.9: Ejemplo de planos de elevación sur. (Fuente: Planimetría(2018))

6.1.3.4. Plano de Corte Longitudinal, Transversal y Escantillón

Los planos de corte, se definen mediante un plano vertical de la vivienda y se puede entender la relación de escala, proporción, alturas y los elementos estructurales. Cuando el corte se realiza a lo largo de la vivienda se le llama “corte longitudinal”, pero si el corte es a lo ancho, se le llama “corte transversal”. Se pueden realizar tantos

cortes como se necesiten, aunque el mínimo exigido es de dos planos, para el caso de viviendas poco detalladas (uno longitudinal y uno transversal).

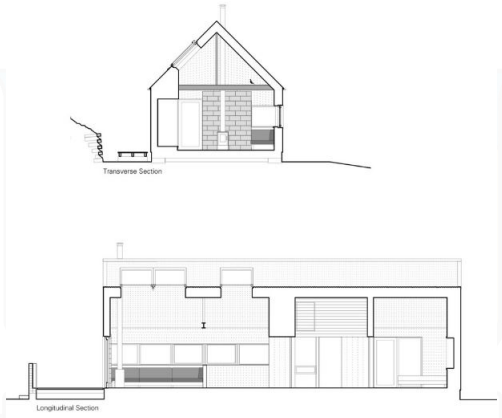


Figura 6.10: Ejemplo de planos de corte longitudinal y transversal. (Fuente: Planos de Arquitectura (2018))

El corte escantillón permite apreciar los sistemas, soluciones y las relaciones constructivas de los materiales y elementos en una o más fachades del proyecto, muestra un mayor detalle y diferencia los materiales. En este corte se debe especificar los materiales a utilizar, así como las dimensiones base de cada uno u otros datos técnicos.

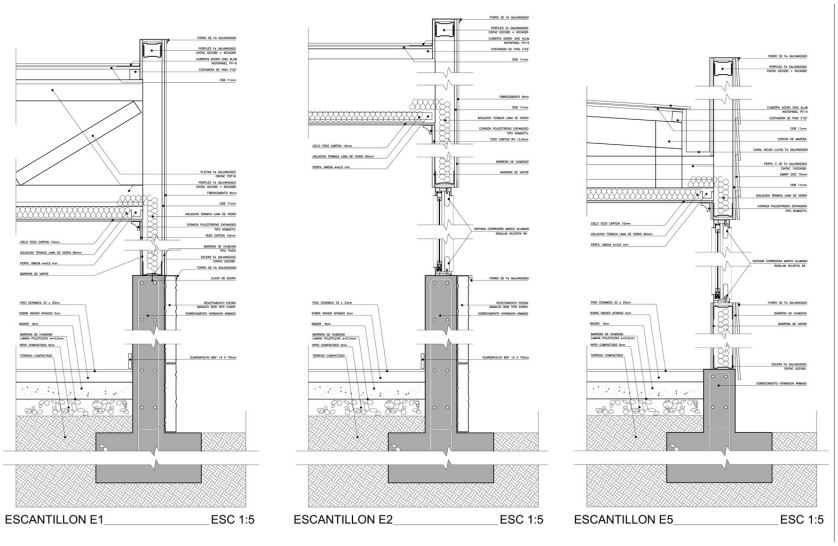


Figura 6.11: Ejemplo de planos de corte escantillón. (Fuente: Archimlynarz (2018))

6.1.3.5. Planos de Puertas y Ventanas

Los planos de puertas y ventanas incluye el detalle respectivo de estos, los materiales, dimensiones, etc. Se puede considerar para estos el trabajo en carpentería (hecho a mano) o pueden ser estándar para comprar en el mercado.

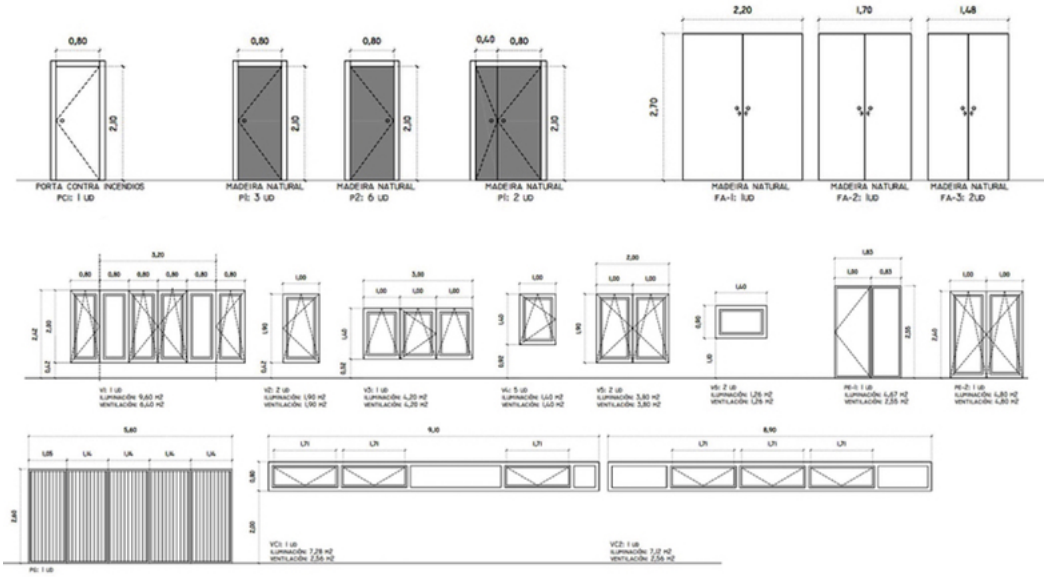


Figura 6.12: Ejemplo de planos de puertas y ventanas (Fuente: Planos técnicos (2018))

6.1.4. Información legal

Anteriormente, en el Permiso de Edificación se detallaron los documentos necesarios para obtener el permiso de edificación para obras mayores y menores, utilizado para casas y edificios. Cabe recalcar que para obras nuevas mayores o menores, se pide el croquis de emplazamiento, de la edificación nueva o de la las edificaciones existentes, más la obra menor. Sin embargo, en una obra menor, el plano a escala es solamente de la ampliación no del total de la vivienda.

Además, el 4 de febrero del 2016 se publicó la ley N° 20.898 de Regularización de viviendas sociales, más conocida como la Ley del Mono. Los propietarios de viviendas de hasta 90 m^2 y de hasta 140 m^2 que no cuenten con recepción definitiva, total o parcial, emplazadas en áreas urbanas y rurales, podrán obtener los permisos

de edificación y de recepción definitiva con un plazo de 3 años desde la fecha de publicación. Los propietarios deben presentar una solicitud de permiso y recepción simultánea a la Dirección de Obras Municipales, acompañado de los siguientes documentos (Ley N°20.898 , 2016):

- Declaración simple del propietario en la que señale que es propietario del inmueble y que no existen reclamaciones pendientes.
- Especificaciones técnicas resumidas y un plano de emplazamiento a escala 1:500 y un plano a escala 1:50.
- Informe del arquitecto o profesional competente (ingenieros civiles, ingenieros constructores o constructores civiles) que certifique que la construcción cumple con las normas de habitabilidad, seguridad, estabilidad e intalaciones interiores definidas en la Ley.
- Certificado de avalúo otorgado por el Servicio de Impuestos Internos.

Por otro lado, las Municipalidades de Chile cuentan con un archivador, dónde se puede encuentrar todos los planos y las especificaciones técnicas de las viviendas de la comuna que hayan llevado a cabo la solicutud del permiso de edificación y recepción final. Los documentos se pueden encontrar físicos o digitales (si es que han sido escaneados, si no se puede solicitar).

6.2. Benchmarking

A continuación se muestran las tablas comparativas de los documentos requeridos y las varias que utilizan los el sistemas de Chile y el Australia:

Similitudes	Diferencias
Ambos sistemas tienen como requerimientos los planos arquitectónicos del loteo y emplazamiento, elevaciones, secciones y planos de ventanas.	El sistema de Chile pide los planos de las puertas, en cambio, Australia necesita los planos de iluminación y de los pisos
Necesitan los detalles de materiales constructivos: tipo, espesor, transmitancia, etc.	Chile pide documentos relacionados con la calefacción, agua caliente sanitaria, sistemas solares térmicos, paneles solares fotovoltáicos, cálculo de demanda, cálculo de promedio ponderado
	En el sistema CEV, si los materiales constructivos no son los establecidos, se necesitan los ensayos de los materiales para obtener las transmitancias térmicas y los detalles firmados por el fabricante

Tabla 6.1: Análisis comparativo de documentos requeridos para el funcionamiento de los sistemas de Chile y Australia. (Fuente: Elaboración Propia)

Similitudes	Diferencias
Ambos sistemas necesitan datos generales para la identificación del proyecto que se va a evaluar, incluye datos del cliente, datos del calificador energético, información de la vivienda como: dirección y tipo de vivienda.	En Chile, los tipos de calificación para viviendas existentes o nuevas después del 2007 son pre-calificación energética o calificación energética, pero en Australia el modo de rating energético es para nuevas viviendas, ampliaciones o casas existentes
Ambos sistemas necesitan los planos en formato PDF para poder dimensionar la vivienda en 2D y 3D, sobre estos se van estableciendo los parámetros constructivos	El sistema de australiano es más integrado que el chileno
Existe una descripción general de la vivienda y del sistema de calefacción, se les pide ingresar la zona térmica	Las zonas térmicas para Chile están divididas en 7 y en Australia 69
Tipo y dimensiones de muros, techo, piso ventilado y ventanas	La zonificación de la vivienda en Australia es por pisos y espacios, pero en el de Chile sólo se divide por pisos
Tipo y dimensiones de aislantes de muros, techo y piso	Australia tiene las transmitancias establecidas en el software y existen niveles de aislamiento, en cambio, en el sistema de Chile hay que ingresar los valores
En ambos sistemas existe una definición de calefacción e iluminación	Existe en Chile una definición detallada de los sistemas de agua caliente sanitaria y sistemas de energías renovables no convencionales, pero el detalle de calefacción es mayor en el chileno y el de iluminación en el australiano

Ambos sistemas calculan la demanda de iluminación y calefacción de la vivienda	Los tipos de cálculos de demanda de calefacción e iluminación son diferentes: Chile tiene un cálculo dinámico y estático, que depende de los grados días. Australia calcula principalmente por la orientación de la vivienda
En las características de las ventanas hay que especificar la orientación, el factor solar, ganancia solar, sombreamiento, etc.	Mientras que el sistema chileno la orientación se define por 6 opciones, Australia los define exactamente por una brújula (360°)
Entregan como resultados el consumo de calefacción y de iluminación	En Chile, arroja de resultados los aportes de energía solar por calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación. Además, entrega el índice de sobrecalentamiento. Mientras que Australia entrega la temperatura interna de las zonas y total de la vivienda, a través de un gráfico. También entrega la cantidad de energía que se utilizará durante el año para calefaccionar/enfriar los espacios
	En Chile, los calificadores utilizan un excel que luego lo ingresan a la plataforma, en cambio en Australia utilizan un programa muy similar a Autocad, dónde ingresan todos los datos y luego se envía a los encargados de generar los reportes energéticos. El evaluador puede sugerir cambios para que sea más eficiente la vivienda.

Tabla 6.2: Análisis comparativo de variables requeridas para el funcionamiento de los sistemas de Chile y Australia . (Fuente: Elaboración Propia)

6.3. Identificación de Mejoras

En base a los resultados de la recopilación de información y al benchmarking de los sistemas, se pudieron identificar cuatro factores claves:

En primer lugar, ambos sistemas necesitan los planos de arquitectura de la vivienda para poder ingresar los parámetros a los software y en el caso de Chile a la planilla de excel, para poder calificar la eficiencia energética de la vivienda. Tener los documentos en formato PDF es un requerimiento fundamental, independiente del tipo de vivienda, se debe exigir. Los documentos son de entrega obligatoria, ya que el Director de Obas Municipal aprueba con estos el permiso de edificación y la recepción final de la vivienda:

- Plano de loteo y emplazamiento
- Plantas de todos los pisos
- Elevaciones correspondientes a todas las fachadas
- Cortes: Longitudinal, Transversales y Escantillón
- Plano de puertas y ventanas
- Especificaciones técnicas

La dificultad que se presenta es que los documentos, es que no necesariamente los tienen en su poder los dueños de las viviendas existentes, por lo que hay que encontrar alguna alternativa para obtenerlos.

En segundo lugar, las especificaciones técnicas de los materiales constructivos son documentos que se necesitan para que aprueben la recepción municipal definitiva, que los necesita el sistema de Chile para viviendas nuevas. Sin embargo, estos documentos puede que los clientes tampoco los tengan.

Por otro lado, el sistema de Australia para calificar las viviendas lo manejan solamente arquitectos, en cambio, en Chile las viviendas las pueden evaluar distintos profesionales: ingeniero, constructor civil, arquitecto, entre otros. Ellos ingresan los parámetros sólo en la planilla excel, que se encuentran en los documentos de la vivienda.

Por último, para la acredticación térmica si no se puede obtener los valores de la conductividad térmica del material, se necesita el certifcado de ensayo de conductividad (NCh850). En caso, que no se pueda obtener el valor para las existentes, hay que encontrar un material similar en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento térmico de MINVU.

6.4. Propuestas

6.5. Proceso de Solicitud de Documentos

Para la calificación de eficiencia energética de viviendas existente, la casa o departamento debe tener aprobado el permiso de edificación o recepción municipal, si tiene ampliaciones la vivienda debe contar con el permiso de edificación menor, no sirve que la ampliación sea aprobada por la Ley del Mono, ya que pide como requisito un plano que no tiene los mismos detalles que los de edificación menor.

El evaluador energético en la primera visita a la vivienda debe identificar la cantidad de pisos de la vivienda y pedir al mandante un poder simple para que el evaluador pueda solicitar en la Municipalidad donde se encuentra la vivienda , los documentos requeridos para la calificación:

Tipo de Documento	Cantidad de hojas
Plano de situación	1
Plano de emplazamiento	1
Plano de planta	N° de pisos
Plano de elevación	4
Plano de corte longitudinal	1
Plano de corte transversal	1
Plano de corte escantillón	1
Plano de puertas y ventanas	1
Especificaciones técnicas	30

Tabla 6.3: Cantidad de documentos solicitados en las Municipalidades (Fuente: Elaboración Propia (2018))

El proceso de solicitud de documentos en la Municipalidad se demora entre 7 -10 días.

El costo total de petición de documentos para viviendas existentes que se deberá incluir al costo total de las calificación será:

Vivienda 1 Piso	$ 113.049
Vivienda 2 Pisos	$ 122.595
Vivienda 3 Pisos	$ 132.141
Vivienda 4 Pisos	$ 141.687

Tabla 6.4: Costo total de petición de documentos por cantidad de pisos de la vivienda (Fuente: Elaboración Propia (2018))

6.6. Capacitación Evaluadores Energéticos

Según el listado de evaluadores 2016, existen 490 evaluadores calificados para certificar la eficiencia energética de viviendas nuevas a lo largo de Chile. Para

poder implementar la propuesta anterior, es necesario capacitar al actual equipo de calificadores.

Para la capacitación, el seminarista debe ser un profesional con conocimientos de construcción de viviendas, debido a que el sistema australiano solamente sus calificadores son arquitectos, se recomienda que sea uno, ya que estan familiarizados con la creación de planos arquitectónicos. Luego, el arquitecto debe crear un documento ofical con los detalles de la propuesta, que incluye la descripción de los planos, los requisitos para calificar viviendas que cuenten con el permiso de edificación y recepción final, el proceso de solicitud de documentos.

Una vez aprobado el documento por el MINVU, se procede a realizar la preparación de la presentación del nuevo proceso a través de una presentación de power point. Además, debe crear evaluaciones para los evaluadores energéticos que asistirán al seminario, para corroborar el cumplimiento del objetivo del seminario. Todo lo anterior debe ser aprobado por el supervisor del MINVU a cargo del área de calificación de eficiencia energética de viendas.

Posteriormente, se realiza la contratación de GoToWebinar, que es una herramienta para organizar y realizar conferencias/seminarios vía web, que tiene una capacidad máxima de 1000 participantes que pueden interactuar al momento de realizar el seminario. Además, una vez que se realiza el webinar, se puede descargar. (GoToWebinar , 2018)

El primer paso es programar el seminario web, dónde se debe ingresar el nombre del seminario, una descripción y la fecha. Para invitar para que se registren a los evaluadores, se envía un link de registro, donde se puede llevar el seguimiento de los inscritos.

Para el día de la presentación, se pueden silenciar los micrófonos de los asistentes,

dejar abierto la sección de preguntas, por si hay consultas antes de iniciar la presentación. Finalizando la presentación, se resuelven las preguntas de los asistentes y se envía por el mismo programa la evaluación, esperando a que respondan los asistentes. Cuando se finalice el seminario, existe la opción de creación de un informe, dónde se puede ver el grado de atención, la asistencia y resultados de la evaluación.

Finalmente, si el evaluador energético asistió al webinar y aprobó la evaluación, se puede actualizar su estado como calificador energético de todo tipo de viviendas. Sin embargo, si el evaluador no logró aprobar existe una segunda instancia para rendir una segunda evaluación, pero esta se realiza en el MINVU. Por otro lado, los evaluadores que no asisitieron al seminario pueden solicitar rendir igualmente la evaluación, pero en Santiago.

Contratación Arquitecto	$ 800.000
Go to Webinar	$ 164.713

Tabla 6.5: Costos asociados a la capacitación mensuales (Fuente: Go to Webinar y Sueldos promedios Chile (2018))

Desde el momento que se encuentra un arquitecto hasta la aprobación de la preparación de la presentación transcurrirá dos meses, el webinar se contratará sólo el tercer mes, que incluye todas las instancias de evaluaciones. Lo anterior conlleva un costo total de $ 2.564.713. En el Anexo B.2. se encuentra el desarrollo del cálculo del costo total de la capacitación. A continuación, se muestra la planificación de la propuesta de capacitación:

Hitos	MES 1				MES 2			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Contratación de arquitecto								
Creación documento oficial								
Creación evaluaciones								
Preparación presentación								
Aprobación del MINVU								
Correción de cambios								
Programación webinar								
webinar								
Rendición evaluación								
Resultados evaluación								

Hitos	Mes 3			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Contratación de arquitecto				
Creación documento oficial				
Creación evaluaciones				
Preparación presentación				
Aprobación del MINVU				
Correción de cambios				
Programación webinar				
webinar				
Rendición evaluación				
Resultados evaluación				

Figura 6.13: Carta gantt de la propuesta de planificación de capacitación (Fuente: Elaboración Propia (2018))

6.7. Análisis Foda de la Propuesta

Fortalezas:

- El MINVU y el Ministerio de energía tendrían un registro de viviendas existentes calificadas.
- El sistema de calificación de eficiencia en Chile, incluye como parámetro el uso de energías renovables en la vivienda, que no lo utiliza Australia.
- Entregar información de la eficiencia energética de una vivienda existente, a personas interesadas en comprarla.
- Fomentar la calificación de eficiencia energética, ya que se publicitaría la calificación de viviendas existentes y nuevas.

Oportunidades:

- El MINVU puede realizar un seguimiento de los indicadores de eficiencia de viviendas existentes, que se pueden comparar con las viviendas nuevas, para poder proponer politicas de mejora.
- Chile sería un país que puede fomentar internacionalmente la eficiencia energética, a través de la información de los datos reales y sus buenas prácticas.

Debilidades:

- La calificación de vivienda existente se limita a viviendas que cuenten con permiso de edificación y recepción final, tanto mayor como menor . Por lo tanto, reduce significativamente el parque de viviendas potenciales a evaluar, es decir, las viviendas que se pueden calificar serían solamente aquellas que cumplen los requisitos de tener aprobadas las solicitudes legales para la edificación. Las viviendas que no cuenten con los permisos, no están regularizadas, por lo que las municipalidades no tienen información sobre esas viviendas.

Amenazas:

- Si existe en Chile una legislación que obligue a calificar las viviendas existentes, el sistema que incluye la propuesta de modificación de metodología, no permitiría calificar todos los tipos de vivienda.

A partir del ánalisis anterior, se puede desprender que la propuesta de modificación de la metodología del sistema actual para calificar la eficiencia energéticas de viviendas existentes otorga un valor agregado para el área energética de Chile, ya que se podrá llevar un registro de los datos e indicadores de las viviendas nuevas y existentes, que aportarían no solamente a los compradores interesados de esas viviendas, sino que puede apoyar futuros estudios de eficiencia energética y potenciar a Chile mundialmente por tener un sistema de calificación de eficiencia energética para todo tipo de viviendas. Sin embargo, existe aún una parte de viviendas que no se pueden calificar, por lo que es necesario desarrollar nuevas propuestas que permitan la calificación de viviendas que no cuenten con permiso de edificación, ni recepción final.

7 Conclusiones y Recomendaciones

En Chile, a través de la política Energía 2050, se busca que exista Eficiencia y Educación energética, es por esto, que se ha estado trabajando en una herramienta para poder informar a las personas sobre el consumo energético de las viviendas. Sin embargo, con el sistema de calificación de eficiencia energética de viviendas, solamente los evaluadores pueden calificar viviendas existentes, es decir, viviendas construidas después del 2007 (año de regulación de la reglamentación térmica).

A raíz de lo anterior, el presente trabajo de memoria tiene como objetivo principal diseñar un plan que permita la calificación energética para viviendas existentes en base al sistema actual de calificación de Chile, para poder tener información de la eficiencia de todo tipo de vivienda. Para esto, se comenzó con una recopilación de información del sistema CEV, para entender los principios del sistema y sus requerimientos más importantes, los cuales son los documentos requeridos para la verificación y la planilla excel que realiza los cálculos para la certificación. Posteriormente, en la búsqueda de sistemas de calificación internacionales, se pudo acceder a la información del FirstRate5, programa que utilizan arquitectos en Australia para calificar tanto viviendas nuevas como existentes.

Luego de la recopilación, se realizó un análisis comparativo entre el sistema de Chile y Australia, dónde se pudieron identificar factores claves que afectan el cálculo de la eficiencia en las viviendas nuevas y/o usadas. Dentro de estos se encuentran los planos arquitectónicos y la diferencia de conocimiento que existe entre los calificadores

australianos. En el sistema chileno los documentos para la acreditación térmica son un requisito que en el caso de no tenerlos, se puede encontrar un material similar en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas.

Paralelamente, se realizó una recopilación de información legal relacionada con la construcción chilena, que involucra los procesos administrativos: permiso de edificación y recepción final, la reglamentación térmica, la ley mono, acceso a documentación. A partir de lo anterior, se verificó que los planos arquitectónicos y las especificaciones técnicas, se pueden obtener en las Municipalidades de Chile, siempre que cuenten con los permisos de edificación y recepción formal.

La propuesta final para calificar viviendas existentes es una modificación de la metodología de calificación, que significa que el evaluador energético deberá solicitar en la Municipalidad donde se encuentre la vivienda, los documentos arquitectónicos y las memorias de especificaciones técnicas, para poder corroborar y verificar los materiales que utiliza la vivienda, para luego ingresarlos a la planilla de excel. Dependiendo de la cantidad de pisos que te tenga la casa, dependerá el costo que significará para la calificación, se pueden ver los costos totales en la Tabla 6.4. Además, para la capacitación de los evaluadores energéticos para enseñarles la nueva metodología, se propone realizar un seminario a través del programa Go To Webinar, planificado y dirigido por un arquitecto, quien evaluara al final aprendizaje de los evaluadores, para que puedan ser calificadores de viviendas existentes.

Una de las limitaciones es que existen materiales que no se pueden encontrar en el listado oficial, por lo que se sugiere realizar un estudio de similitudes de materiales de viviendas, para poder otorgarles un valor de transmitancia, ya que no se puede obtener los documentos por certificaciones, debido a que al ser viviendas existentes que no se regulaban por la normativa de la reglamentación térmica, puede que no se cuente con esta información.

El trabajo de memoria permitió contribuir en el estudio de viviendas existentes, planificado por el MINVU. Siendo un acercamiento para que se comiencen a certificar viviendas existentes, logrando en un futuro tener registros e indicadores de eficiencia, que concientizarán a las personas al momento de comprar su vivienda y acercarán un paso más a Chile a ser un país Eficiente y que cuenta con Educación Energética.

Bibliografía

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2014). *Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior*. 1

ANESCO (2018). *Eficiencia Energética*. Recuperado de: http://www.anescochile.cl/que-es-eficiencia-energetica 4.7

Calificación Energética (2013). *Sistema CEV*. Recuperado de: http://www.calificacionenergetica.cl/elementos-que-influyen-en-la-calificacion-energetica/. 4.7, 4.7

Cámara Chilena de Refrigeración y climatización A.G. (2007). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile*. 2, 4.6.1, 4.7

Cengel, Y. A. , Ghajar, A.J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa* México: McGraw-Hill 4.4

Comisión Nacional de Energía. (2018). *Precios de paridad*. Recuperado de: http://antigua.cne.cl/tarificacion/hidrocarburos/precios-de-paridad. 4.3

Coordinador Eléctrico. (2017). *Costo Marginal*. Recuperado de: https://sic.coordinador.cl/informes-y-documentos/fichas/costo-marginal. 4.3

DFL N°458. (1975). Diario Oficial de la República de Chile. Santiago. Chile. 4.5, 4.5.1, 4.5.1

FirstRate5. (2018). *FirstRate5 Manual*. 6.1.2

GoToWebinar (2018). *Funcionalidades*. Recuperado de: https://www.gotomeeting.com/es-ar/webinar/features 6.6

International Energy Agency. (2016). *Special Focus On Renewable Energy*. Recuperado de: https://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016SpecialFocusonRenewableEnergy.pdf 4.1

Ley N°20.898. (2016). Diario Oficial de la República de Chile. Santiago. Chile. 6.1.4

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2013). *Manual de procedimiento para la calificación energética de las viviendas en Chile*. 2, 6.1.1

Ministerio de Energía. (2015a). *Energía 2050: Política Energética para Chile*. 1, 2

Ministerio de Energía. (2015b). *Balance Nacional de Energía (BNE)*. 2, 4.3

Ministerio de Energía (2016). *Energías renovables*. Recuperado de: http://www.energia.gob.cl/energias-renovables. 4.3

Ministerio de Energía (2017a). *Gobierno crea nueva comisión permanente para frenar el cambio climático*. Recuperado de: http://www.energia.gob.cl/tema-de-interes/gobierno-crea-nueva-comision. 4.2

Ministerio de Energía (2017b). *Energía y Cambio Climático*. Recuperado de: http://www.energia.gob.cl/tema-de-interes/energia-y-cambio-climatico 4.2

Ministerio de Medio Ambiente. (2017a). *Plan de acción nacional del cambio climático 2017-2022*. 4.2

Ministerio de Medio Ambiente. (2017b). *Guía de Cambio Climático*. 4.2

Naciones Unidas (2015). *Población*. Recuperado de: http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html. 4.1

Universidad de Chile. (2016). *Taller de proyectos: Análisis Porter-FODA*. 5.4

Waldo, B. G., Yoseline, R.U. (2009). *Guía de diseño para la Eficiencia Energética de la vivienda social*. 2, 4.5.2

A Sistemas

A.1. Planilla Excel Sistema Chile

CALIFICACIÓN ENERGETICA DE VIVIENDAS EN CHILE

Programa de cálculo para la calificación. Versión: 1,0

La presente planilla es la herramienta de cálculo del Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile.

Se compone de 7 hojas;

- CE_Chile (Calificación Energética de Viviendas en Chile), Datos Informe y Etiqueta, Resultados Detallados, Notas 1, Notas 2 y Notas 3..

En la hoja CE_Chile se deben ingresar todos los datos para la calificación. La hoja Datos Informe y Etiqueta, genera la información ordenada y necesaria para la creación del Informe de Evaluación y Etiqueta de Eficiencia Energética. La hoja Resultados Detallados entrega información detallada para el análisis. Las hojas de Notas son para uso libre del usuario.

La información e instrucciones para la utilización de esta planilla de cálculo se encuentra en el documento: Manual de Procedimientos del Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile, el cual se puede obtener desde la página WEB del MINVU (www.minvu.cl).

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN VIVIENDAS EN CHILE

1.- Características de la vivienda

1.1.- Datos generales e identificación del proyecto

1	Tipo de Calificación	Calificación Energética
2	Ubicación del proyecto	Zona 2 - B
	Comuna	Huechuraba
	Región	RM
3	Identificación de la vivienda a evaluar	
4	Nombre del proyecto	
5	Dirección de la vivienda	
6	Tipo de vivienda	Casa aislada
7	Rol vivienda	
8	Evaluador energético	
9	Rol registro de Evaluadores:	
	RUT Evaluador	
10	Fecha de emisión:	
11	Fecha de vencimiento:	
12	Informe de Evaluación Nº:	
13	Solicitado por:	
	RUT Mandante	

1.2.- Descripción general de los elementos de la envolvente (esto sólo se utiliza en la confección del certificado)

14	Muro principal	
15	Muro secundario	
16	Piso ventilado princ.	
17	Techo principal	
18	Techo secundario	
19	Ventana principal	
20	Ventana secundaria	

1.3.- Descripción general de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria

21	Sistema de calefacción	
22	Sistema de agua caliente	

2.- Dimensiones de la vivienda

		Area (m²)		Altura (m)		Volumen (m³)
23	Piso 1	69,05		2,35	=	162,3
24	Piso 2	42,0		2,4	=	98,7
25	Piso 3+4+..		x		=	
26	Total	111,05				261,0

3.- Características térmicas de la envolvente

3.1.- Area y coeficiente de transferencia de calor por elemento constructivo

		Area (m²)		U (W/Km²)	Umax (W/Km²)
27	Puertas	3,10	x	2,21	
28	Ventanas 1	23,57	x	5,80	
29	Ventanas 2		x		
30	Ventana en el techo				
31	Piso ventilado				0,87
32	Muro 1	71,33	x	1,58	3,00
33	Muro 2	54,25	x	0,46	3,00
34	Muro 3		x		3,00
35	Techo 1	71,65	x	0,47	0,60
36	Techo 2		x		0,60

RVM 0,15

		Perímetro (m)	kl (W/Km)
37	Piso en contacto con terreno 1	39,07	1,20
38	Piso en contacto con terreno 2		

3.2.- Ventanas (sombreamiento y orientación)

	Orientación	FA	Area (m²)	FS	FM	
39	N	0,52	2,32	0,87	–	
40	NE / NO				PVC	0,80
41	E / O	0,71	20,79	0,87	PVC	0,80
42	SE / SO				–	
43	S	0,45	0,46	0,87	Metal	0,85
44	Ventana en el techo				–	
			23,57			

4.- Definición de la metodología a usar en cálculo de la demanda de calefacción

45 Seleccionar el tipo de cálculo: Cálculo Estático de la Demanda

4.1.- Demanda calefacción utilizando el programa CCTE

46	Demanda de calefacción de la vivienda		(kWh/ m2 año)
47	Demanda de calefacción de la referencia		(kWh/ m2 año)

5.- Resultados del cálculo de demanda calefacción + iluminación

48	Demanda de calefacción	122,1	(kWh/ m² año)
48a	Demanda de Iluminación	5,7	(kWh/ m² año)
49	Temperatura de base	16,2	(°C)
50	Grados Día a la temperatura base	1213,8	(°C)
51	C (porcentaje de la demanda de referencia)	58,6	(%)
52	Demanda de referencia	212,6	(kWh/ m² año)

6.- Definición de los equipos y sistemas

6.1.- Sistema de calefacción

53	Potencia referencial del sistema de calefacción	8,85	(kW)
	Tipo de energético utilizado en el sistema de calefacción		
54	Gas licuado		
	Rendimiento general del equipo principal		
55	Caldera a gas sin condensacion enecendido piloto control modulado	0,71	(-)
	Corrección por distribución		
56	Sistema unitario autocontenido	1,00	
	Corrección por control		
57	Sin sistema de calefacción	1,00	
	Opción de definición de rendimiento del elemento principal en base a certificado de ensayo		
58	Rendimiento de generación (dejar valor cero "0" si no presenta certificado)		(-)
59	Rendimiento del sistema completo	0,71	(-)

6.2.- Sistema de agua caliente sanitaria

	Tipo de energético a utilizar		
60	Gas natural		
	Rendimiento de generación		
61	Sistema de calentamiento de agua directo a gas	0,70	(-)
	Corrección por distribución		
62	Red de cañerias sin aislación	0,90	
63	Corrección por estanque de almacenamiento (ver tabla en manuales)		(kWh/año)

6.4.- Sistemas de captación de energías renovables no convencionales

66	¿Dispone de un sistema de colectores solar - térmico?	Si	
67	**Sistema solar para aporte en calefacción y agua caliente sanitaria**		
68	Tipo de colector:	Plano	
69	Tipo de servicio	Solo ACS	
70	Superficie total de colectores solares (bruta)	2	(m^2)
71	Angulo de inclinación de los colectores	40	(grados)
72	Angulo de azimut de los colectores	10	(grados)
73	Factor de corrección por obstrucciones	1	(-)

	Propiedades del colector	Por defecto	A modificar	A usar
74	Rendimiento óptico del colector	0,75		0,75
75	Coeficiente de pérdidas térmicas	6,00		6,00
76	Relación Area Neta / Area Bruta	0,90		0,90

	Resultados		
77	Porcentaje de aporte solar al ACS	41,7	(%)
78	Porcentaje de aporte solar a la calefacción		(%)

79	¿Dispone de un sistema de paneles fotovoltaicos para generar electricidad?	Si	

Sistema fotovoltaico para aporte de iluminación

80	Area neta de captadores fotovoltaicos	3	(m^2)
81	Angulo de inclinación de los colectores	40	(grados)
82	Angulo de azimut de los colectores	10	(gados)
83	Corrección por elementos de sombra	0,5	(-)
84	Eficiencia general del sistema	0,14	(-)
85	Porcentaje de aporte solar	63,9	(%)

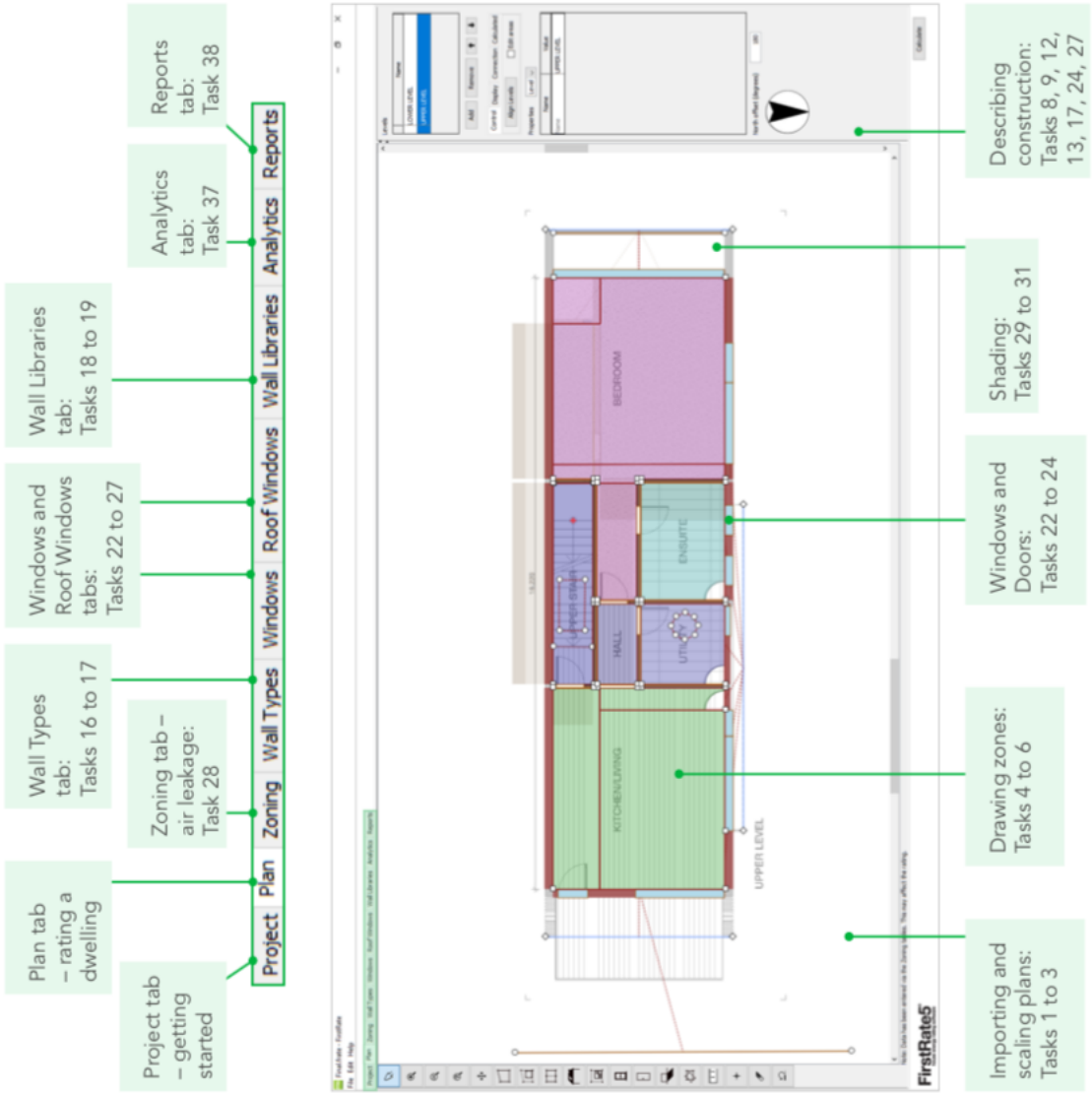
7.- Resultados del consumo de energía de la vivienda

86	Aporte de energía solar a la calefacción		(%)		(kWh/año)
87	Aporte de energía solar al agua caliente sanitaria	41,7	(%)	1097,0	(kWh/año)
88	Aporte de energía solar a la iluminación	63,9	(%)	405,9	(kWh/año)
89	Consumo de energía primaria en calefacción	189,2	(kWh/ m^2 año)		
90	Consumo de energía primaria en agua caliente sanitaria	24,1	(kWh/ m^2 año)		
91	Consumo de energía primaria en iluminación	4,1	(kWh/ m^2 año)		
92	Consumo total de energía primaria	217,5	(kWh/ m^2 año)		
93	Coeficiente energético : C	53	(%)		
94	Consumo de energía de referencia	408,5	(kWh/ m^2 año)		

8.- Indice de Sobrecalentamiento

	Atributo	Valor del atributo
95	Materialidad	0,5
96	Ventanas	1,0
97	Ganancias internas	0,5
98	Aislación térmica	
99	Ventilación natural	

A.2. Programa Sistema Australia



Project | Plan | Zoning | Wall Types | Windows | Roof Windows | Wall Libraries | Analytics | Reports

Client Details
Client's Name
Postal Address
Suburb | State: ACT | Postcode
Phone No
Email
Relevant Building Surveyor (if known)

Assessor Details
Name
NatHERS Accreditation Number | Other Accreditation Number
Declaration of Interest: ...

Climate Zone
Postcode: 3000 | Principal or Alternative Climate Zone: 21 Melbourne RO
NatHERS Climate Zone (Overrides Principal/Alternative Climate Zone): 21 Melbourne RO

General
Rating Mode: New Home | Exposure: suburban

Dwelling Details
House Title
Unit | Street Address
Suburb | State: ACT | Postcode
Lot/DP Number | NCC Class: Class 1a

Appears on Certificate

Key Construction And Insulation Materials

Construction
External Wall Type
Roof Type
Floor Type

Insulation
Wall Insulation
Ceiling Insulation
Floor Insulation

Glazing
Frame Type
Glass Type

Ceiling Penetrations
Principal Downlight Type: Compact fluorescent

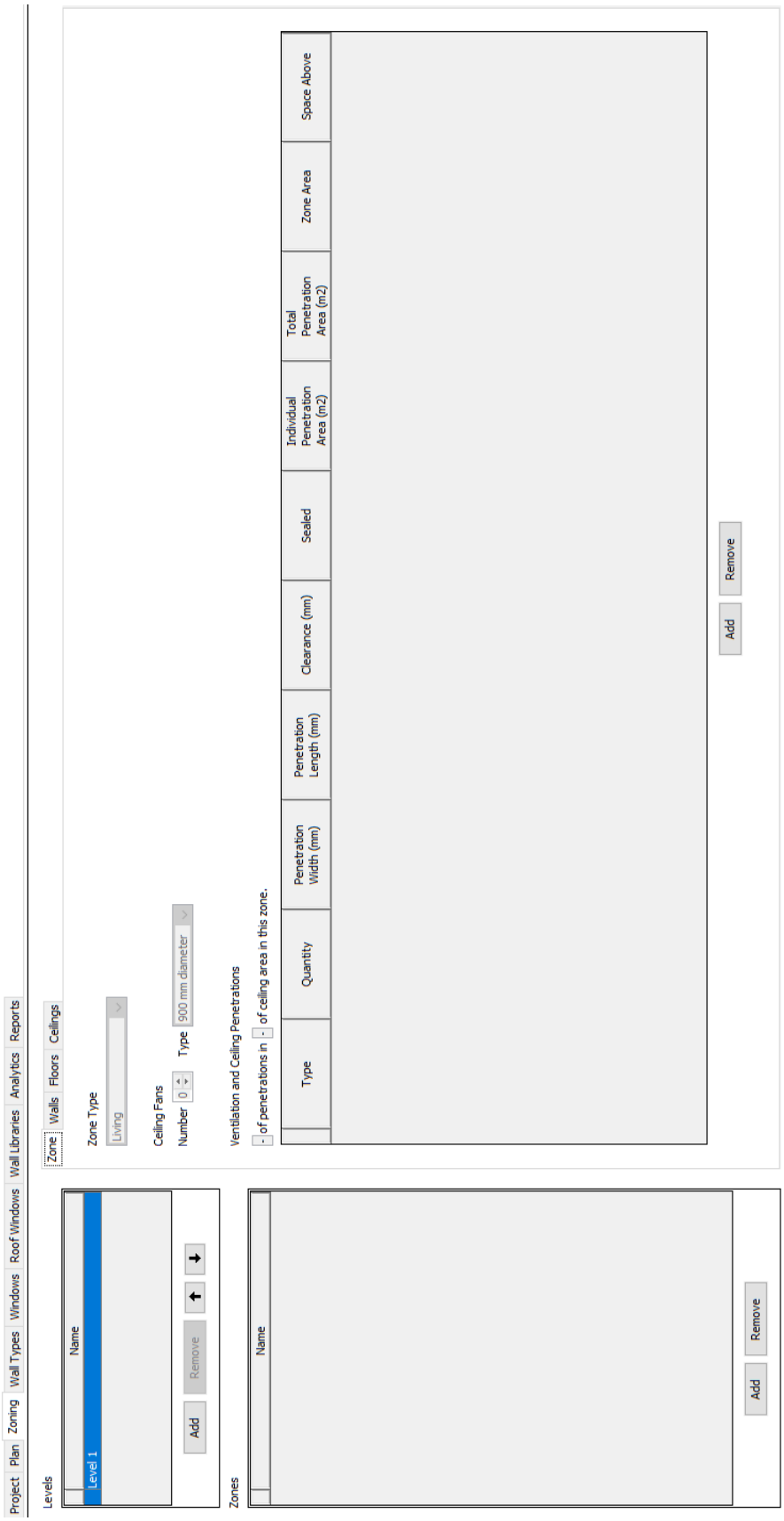
Plan Documents
Plan Ref/Date
Prepared By

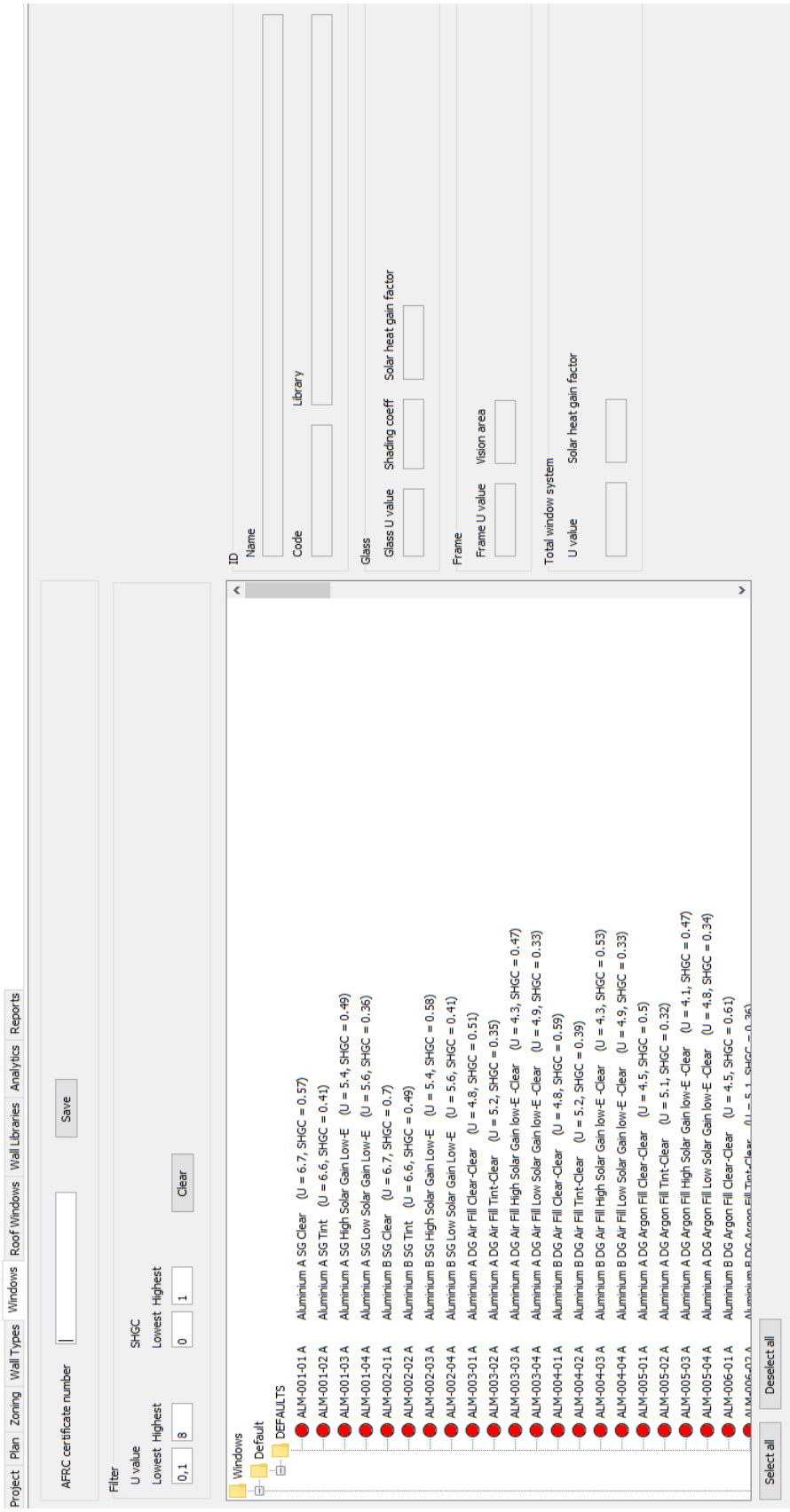
Assessor's Internal Use
Date | Ref. No

Project | Plan | Zoning | Wall Types | Windows | Roof Windows | Wall Libraries | Analytics | Reports

Wall Code	Wall Name	Library	Used Metres
BV	Brick Veneer	FR5	0.0
AAC200	AAC Block	FR5	0.0
AAC75	AAC 75mm Pan...	FR5	0.0
BC	Brick Cavity	FR5	0.0
CBSol	Concrete Block ...	FR5	0.0
CBSolPB	Concrete Block ...	FR5	0.0
CC100	Cast Concrete	FR5	0.0
CC125	Cast Concrete	FR5	0.0
ConcBlock190	Concrete Block ...	FR5	0.0
ConcBlock190CF	Concrete Block ...	FR5	0.0
ConcBlock90	Concrete Block ...	FR5	0.0
ConcBlock90PB	Concrete Block ...	FR5	0.0
DB	Double Brick	FR5	0.0
DBPB	Double Brick Fin...	FR5	0.0
EPS100	100mm Expand...	FR5	0.0
EPS50	50mm Expande...	FR5	0.0
EPS75	75mm Expande...	FR5	0.0
FC	Fibro Clad Framed	FR5	0.0
Int	Internal Plaster...	FR5	0.0
Log250HWood	Log Wall 250m...	FR5	0.0
Log250HWoodPB	Log Wall 250m...	FR5	0.0
Log250SWood	Log Wall 250m...	FR5	0.0
Log250SWoodPB	Log Wall 250m...	FR5	0.0
MC	Metal Clad Fra...	FR5	0.0
Mud	Mud brick	FR5	0.0
MudPB	Mud brick Finished	FR5	0.0
PW	Plywood - Batt...	FR5	0.0
RamEarth	Rammed Earth	FR5	0.0
RamEarthPB	Rammed Earth ...	FR5	0.0
RetWall	Earth Retaining...	FR5	0.0
RevBV	Reverse Brick V...	FR5	0.0
SB	Single Brick	FR5	0.0
SBPB	Single Brick Fini...	FR5	0.0
StrawBale	Straw Bale 450...	FR5	0.0
StrawBalePB	Straw Bale 450...	FR5	0.0
WB	Weatherboard	FR5	0.0
XPS100	100mm Extrude...	FR5	0.0
XPS50	50mm Extruded...	FR5	0.0
XPS75	75mm Extruded...	FR5	0.0

New Wall Type


Project
Plan
Zoning
Wall Types
Windows
Roof Windows
Wall Libraries
Analytics
Reports
Levels
Name
Level 1
Add
Remove
Zones
Name
Add
Remove
Zone
Walls
Floors
Ceilings
Zone Type
Living
Ceiling Fans
Number
0
Type
900 mm diameter
Ventilation and Ceiling Penetrations
of penetrations in
of ceiling area in this zone.
Type
Quantity
Penetration Width (mm)
Penetration Length (mm)
Clearance (mm)
Sealed
Individual Penetration Area (m2)
Total Penetration Area (m2)
Zone Area
Space Above
Add
Remove


Project
Plan
Zoning
Wall Types
Windows
Roof Windows
Wall Libraries
Analytics
Reports
AFRC certificate number
Save
Filter
U value
Lowest Highest
0,1 8
SHGC
Lowest Highest
0 1
Clear
Windows
Default
DEFAULTS
ALM-001-01 A Aluminium A SG Clear (U = 6.7, SHGC = 0.57)
ALM-001-02 A Aluminium A SG Tint (U = 6.6, SHGC = 0.41)
ALM-001-03 A Aluminium A SG High Solar Gain Low-E (U = 5.4, SHGC = 0.49)
ALM-001-04 A Aluminium A SG Low Solar Gain Low-E (U = 5.6, SHGC = 0.36)
ALM-002-01 A Aluminium B SG Clear (U = 6.7, SHGC = 0.7)
ALM-002-02 A Aluminium B SG Tint (U = 6.6, SHGC = 0.49)
ALM-002-03 A Aluminium B SG High Solar Gain Low-E (U = 5.4, SHGC = 0.58)
ALM-002-04 A Aluminium B SG Low Solar Gain Low-E (U = 5.6, SHGC = 0.41)
ALM-003-01 A Aluminium A DG Air Fill Clear-Clear (U = 4.8, SHGC = 0.51)
ALM-003-02 A Aluminium A DG Air Fill Tint-Clear (U = 5.2, SHGC = 0.35)
ALM-003-03 A Aluminium A DG Air Fill High Solar Gain low-E -Clear (U = 4.3, SHGC = 0.47)
ALM-003-04 A Aluminium A DG Air Fill Low Solar Gain low-E -Clear (U = 4.9, SHGC = 0.33)
ALM-004-01 A Aluminium B DG Air Fill Clear-Clear (U = 4.8, SHGC = 0.59)
ALM-004-02 A Aluminium B DG Air Fill Tint-Clear (U = 5.2, SHGC = 0.39)
ALM-004-03 A Aluminium B DG Air Fill High Solar Gain low-E -Clear (U = 4.3, SHGC = 0.53)
ALM-004-04 A Aluminium B DG Air Fill Low Solar Gain low-E -Clear (U = 4.9, SHGC = 0.33)
ALM-005-01 A Aluminium A DG Argon Fill Clear-Clear (U = 4.5, SHGC = 0.5)
ALM-005-02 A Aluminium A DG Argon Fill Tint-Clear (U = 5.1, SHGC = 0.32)
ALM-005-03 A Aluminium A DG Argon Fill High Solar Gain low-E -Clear (U = 4.1, SHGC = 0.47)
ALM-005-04 A Aluminium A DG Argon Fill Low Solar Gain low-E -Clear (U = 4.8, SHGC = 0.34)
ALM-006-01 A Aluminium B DG Argon Fill Clear-Clear (U = 4.5, SHGC = 0.61)
Select all
Deselect all
ID
Name
Code
Library
Glass
Glass U value
Shading coeff
Solar heat gain factor
Frame
Frame U value
Vision area
Total window system
U value
Solar heat gain factor

B | Desarrollo del Cálculo del Costo Total

B.1. Petición de Documentos

Para calcular el costo total de la propuesta se utilizó los costos asociados a la Municipalidad de Colina:

Desarchivo	$ 6.543
Copia por Plano	$ 9.546
Copia por Hoja de ET	$ 50

La cantidad de documentos son:

Tipo de Documento	Cantidad de hojas
Plano de situación	1
Plano de emplazamiento	1
Plano de planta	N° de pisos
Plano de elevación	4
Plano de corte longitudinal	1
Plano de corte transversal	1
Plano de corte escantillón	1
Plano de puertas y ventanas	1
Especificaciones técnicas	30

En primer lugar, se calcula la cantidad total de plano, reemplazando los valores en la ecuación 5.2. Para el caso de que que la vivienda sea de 1 piso, se obtiene:

$$N_{P1} = 10 + 1 \tag{B.1}$$

$$N_{P1} = 11 \tag{B.2}$$

Luego, se para obtener el costo total para el piso 1, se reemplazan los costos fijos asociados a los documentos, cantidad total de planos cantidad de hojas de las especificaciones técnicas:

$$CT_1 = 30hoja * 50\$/hoja + 6543\$ + 11hoja * 9546\$/hoja \tag{B.3}$$

$$CT_1 = \$113049 \tag{B.4}$$

Para calcular el costo total con mayor número de pisos, se debe realizar el mismo procedimiento, variando el valor de i:

Vivienda 1 Piso	$ 113.049
Vivienda 2 Pisos	$ 122.595
Vivienda 3 Pisos	$ 132.141
Vivienda 4 Pisos	$ 141.687

B.2. Capacitación

Los costos asiciados son:

Contratación Arquitecto	$ 800.000
Go to Webinar	$ 164.713

Tabla B.1: Costos asociados a la capacitación mensuales (Fuente: Go to Webinar y Sueldos promedios Chile (2018))

El costo total para realizar la capacitación, se define como:

$$CostoTotal = HH_{Arq} * T + C_{GtW} * t \tag{B.5}$$

Donde:

HH_{Arq} : Costo de contratación de arquitecto. ($/mes)

T : Tiempo de duración de la capacitación (mes)

HH_{Arq} : Costo de contratación de Go to Webinar. ($/mes)

t : Tiempo de contratación de Go to Webibar. (mes)

Reemplazando los valores en la ecuación B.5, se obtiene un costo total de capacitación:

$$CostoTotal = 800000\$/mes * 3mes + 164713\$/mes * 1mes \tag{B.6}$$

$$CostoTotal = \$2564713 \tag{B.7}$$