

SERIE ESTÁNDARES TÉCNICOS PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES



# ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE PARA VIVIENDAS DE CHILE

TOMO II ENERGÍA



VERSIÓN FEBRERO 2018



Ministerio de  
Vivienda y  
Urbanismo

Gobierno de Chile



# CATEGORÍA N° 2 ENERGÍA

SEGUNDA EDICIÓN - VERSIÓN OFICIAL  
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO  
2018



**Bajo licencia Creative Commons:**

Se permite la redistribución de este contenido siempre y cuando: se reconozca al autor de la obra, no se haga uso comercial y no se ejecuten obras derivadas.

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile**  
*Santiago, febrero de 2018*

**Colección:** Monografías y Ensayos

**Serie 2:** Estándares Técnicos para Edificaciones Residenciales, ISBN: 978-956-9432-46-0

**Título:** Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo II: Energía

**ISBN:** 978-956-9432-53-8

**Autor:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu

**Editor:** División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional - Ditec, Minvu

**CDU:** 720

**Redacción y coordinación editorial:** Paola Valencia, Rodrigo Narváez, Miriam Díaz (Minvu)

Asesoría técnica: Francisca Rodríguez, Franco Morales (independientes)

Edición técnica: Paola Valencia, Rodrigo Narváez (Minvu)

Revisión de estilo: Miriam Díaz, Jorge Silva (Minvu); Ignacio Jara, Gonzalo Muñoz (independientes)

**Corrección de prueba:** Gloria Alarcón (independiente)

**Diseño y diagramación:** Carolina Ramírez (Minvu); Manuel Lagos (independiente)

**Fotografías:** Banco de imágenes Ditec Minvu; Juan Cárdenas (Seremi de Vivienda y Urbanismo Región de Valparaíso); Sergio Delgado (Seremi de Vivienda y Urbanismo Región de Coquimbo)

**Impresión:** Maval Ltda., Santiago de Chile

**Desarrollado por:**

Secretaría Ejecutiva de Construcción Sustentable, Ditec, Minvu

**Colaboradores:**

**Ditec Minvu:** Alan Ubilla

**SCX Bolsa de Clima de Santiago:** Alejandro Osorio, Felipe Miranda

**Agradecimientos:**

**PMG Businnes Impovement:** Juan Pablo Yumha

Ditec Minvu: Camilo Lanata, Ángel Navarrete, Paula Olivares, Hermes Sepúlveda

**MMA:** Macarena Cáceres

**Minsal:** Pablo Canales

**MDS:** Javier Carrasco

**Minenergía:** Yoselin Rozas

**INN:** Xavier Irazoqui, Francisco Maureira

**CDT CChC:** Katherine Martínez, Cristian Yáñez

**Idiem:** Natalia Reyes

**UBB:** Ariel Bobadilla

**Independientes:** Claudio Poo, Óscar Ortiz, Pablo Pulgar

**Serviu regionales:** Félix Cáceres, Luis Seguel, Miguel Ángel Rodríguez, José Martín, Gabriela Sanzana, Félix Jacob, Roberth Ravanal, José Pascual, Andrea Cayupi, María Alicia Aguilar, María José Ferreira, Estrella Ruiz, Carlos Mira, Loreto Tobar, Francisco Ibarra, Francisco Cabrera, Sebastián Gallardo, Sebastián Jorgensen, Geovanni Fariña, Carlos Barahona, Marcela Ojeda

**Participantes de la Consulta Pública:**

**Santiago:** Anaisby Villegas (Schröder); Francisca Lorenzini (Corma); Valeria Toro, Constanza Cattán (Volcán); Maricel González, Natalia Reyes, Diego Escalona (Idiem); Fernando Rodríguez, Nahuel Cubillos (Seremi de Vivienda de Urbanismo Región de Valparaíso); Mariana Vergara (ACHEE); Nicolás Shultz (STO); Valentina Quintanilla (Efizity); María José Ibaceta (ChileGBC); David Gallardo (F. Invica); Juan Mella, José Espinoza, Rodrigo Cristi (Hanergy America); Orlando Delgado (BDM Ltda.); Ana Valdebenito (Romerol); Paula Hevia, Paula Hidalgo, Cristian López, Pía Valdés, Andrea Montero (Edificio Verde); María Pilar Canihuante, Carlos Arancibia, Natalia Henríquez (Minvu); Christopher Dabrowski, Renato Dálencón, Fanny Ordóñez (UC); Juan González, Ana González, Alexis González y Rodrigo Guzmán (Vaspanel); Paola Molina (Urbeverde); Bárbara Repossi (SBR); Eric Strauss, Archibaldo Tumani, Héctor Valeria, Mauricio Zanotti (La Ruta Solar); Drina Migone (Inacap); Carolina Rojas (AMIL); Claudio Poo, Norman Goijberg, Omar Sepúlveda, Mario Valencia (independientes); Alejandro Osorio (SCX); Francisca Troncoso (CDT CChC); Daniela Matamala, María Verónica Oyarzún, Gabriela Peterssen, Yasna Calderón, Juan Orlando Delgado, Daniel Gallardo (independientes)

**Antofagasta:** Blanca Moreno, Cristian Alcócer (Seremi de Vivienda y Urbanismo Región de Antofagasta); Jorge Cáceres (Ozono Chile); Sebastián Gallardo, Ay-Ling Chia (Serviu Región de Tarapacá); Viviana Peña, Dagoberto Vidal, Marisol Cortés, Ingrid Soto, Marjolaine Ríos, Suyin Chau (Serviu Región de Antofagasta); José Echevarría, Alfredo González (U. Católica del Norte); César Alarcón (Syntax); Lorena Cisternas (Fundación Chile - Plan Creo Antofagasta); Nicolás Franz (U. Arturo Prat); Óscar Clavijo (Serviu Región de Atacama); Viviana Rojas, Daniel Calderón (independientes)

**Concepción:** Pablo Aguayo (Municipalidad de Penco); Claudia Muñoz, Alexis Pérez, Carlos Rubio (U. del Biobío); Roberto Arriagada, Ariel Bobadilla (Citec-UBB); Claudio Durán, Marcela Segura, Sergio Rojas (Seremi de Vivienda y Urbanismo Región del Biobío); Mildred Castillo, Fabiola Godoy, René González, Tannia Lizana, Liliana Machuca, Solange Oyarzo, Manuel Venegas, Claudia Solar (Serviu Región del Biobío); Consuelo Herrera (Inmobiliaria Valmar Ltda.); Pedro Jofré (MOP); Rubén Muñoz (Frazzo); Luis Merino, Paulette Pommiez (U. de Concepción); Juan Carlos Riveros (Riveros Bassaletti Arquitecto + Asociados); Claudio Sweet (Empresas Valmar)

# CONTENIDOS

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>11</b>
 <b>ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>14</b>
Introducción	15
Descripción	17
Objetivo	17
Contexto	17
Estructura	18
 <b>SUBCATEGORÍAS Y VARIABLES</b>	<b>20</b>
<b>2.1 DESEMPEÑO ENERGÉTICO</b>	<b>22</b>
2.1.1 Desempeño energotérmico eficiente	22
<b>2.2 MÉTODO PRESCRIPTIVO</b>	<b>37</b>
2.2.1 Asoleamiento	37
2.2.2 Envoltente opaca eficiente	50
2.2.3 Envoltente transparente eficiente	61
2.2.4 Infiltraciones	68
<b>2.3 EQUIPOS Y ARTEFACTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES</b>	<b>76</b>
2.3.1 Sistemas de calefacción energéticamente eficientes	76
2.3.2 Sistemas de enfriamiento energéticamente eficientes	93
2.3.3 Estándares de iluminación interior	102
2.3.4 Estándares para iluminación exterior	116
2.3.5 Sistemas de energías renovables	126
<b>2.4 PLAN DE GESTIÓN Y MONITOREO ENERGÉTICO EN OPERACIÓN</b>	<b>137</b>
2.4.1 Sistemas de medición y monitoreo de la energía	137

<b>A</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>146</b>
	<b>Anexo 2.1</b> Zonificación térmica	149
	<b>Anexo 2.2</b> Características térmicas de los materiales de construcción y soluciones constructivas	171
	<b>Anexo 2.3</b> Planillas de cálculo de eficiencia energética iluminación	180
<b>✓</b>	<b>CHECKLISTS DE ENERGÍA</b>	<b>187</b>
	Antecedentes proyecto	188
	<b>Checklist N° 2A</b> Etapa de diseño	190
	<b>Checklist N° 2B</b> Etapa de construcción	212
	<b>Checklist N° 2C</b> Etapa de operación	224



# PRESENTACIÓN

Nuestro país enfrenta importantes desafíos en el ámbito de la energía, lo que nos ha llevado a realizar considerables esfuerzos como Gobierno para avanzar en materia de reducción y consumo energético. Uno de los compromisos que en este ámbito asumimos fue disminuir en un 20 por ciento el consumo país de energía eléctrica a 2025, meta que nos pone en un escenario en el cual se hace imperativo implementar las mejores estrategias para prosperar.

Considerando que Chile importa cerca del 60 por ciento del total de la energía primaria y, por otra parte, que solo el sector residencial consume más del 15 por ciento de la energía total del país, se hace indispensable la incorporación de nuevos y mejores estándares de eficiencia energética en este sector de la edificación.

Es por esto que nuestro ministerio, junto con desarrollar una serie de iniciativas como la Calificación Energética de Viviendas, programas de reacondicionamiento térmico y la implementación de energías renovables en vivienda, está impulsando nuevos estándares constructivos que consideran el mejoramiento de la calidad térmica de la envolvente de las edificaciones residenciales de todo Chile, con lo cual se estima reducir en un 30 por ciento el consumo de energía para calefacción de las viviendas del centro y sur del país.

Todas las materias mencionadas, están contenidas en este tomo, pero con estándares más exigentes, ya que este documento es parte de un conjunto de instrumentos que está desarrollando este ministerio con el objeto de acelerar la transformación voluntaria del mercado hacia una edificación residencial de cero emisión al año 2050. Con esto, esperamos superar los compromisos nacionales e internacionales, tanto de energía como de cambio climático, junto con acelerar el cuidado del medioambiente para nuestras futuras generaciones y, por supuesto, potenciar nuestras políticas de calidad y equidad.

**Jocelyn Figueroa Yousef**

Jefa División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo



ENERGÍA



Fotografía: "La energía", Juan Cardenas

## INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Tomo II: “Energía” del conjunto de seis tomos que conforman el documento denominado “Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas” (ECSV), editado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y que es una nueva versión del “Código de Construcción Sustentable para Viviendas” (CCSV) publicado en 2014.

Su objetivo es establecer estándares y buenas prácticas de diseño, construcción y operación de las viviendas, nuevas o usadas, con el fin de mejorar su desempeño ambiental, económico y social, mediante la definición e incorporación de criterios de sustentabilidad, basándose en parámetros objetivos y verificables.

Cada tomo abarca una categoría diferente del documento, las que corresponden a:

- Tomo I: Antecedentes Generales y Categoría Salud y Bienestar
- Tomo II: Categoría Energía
- Tomo III: Categoría Agua
- Tomo IV: Categoría Materiales y Residuos
- Tomo V: Categoría Impacto Ambiental
- Tomo VI: Categoría Entorno Inmediato

Estas categorías tratan temáticas que se alinean directamente con el enfoque que ha asumido nuestro ministerio en el último periodo, para abordar el déficit cualitativo que presenta el sector habitacional del país, y que apunta a incorporar innovación y desarrollar instrumentos que permitan mejorar la calidad de lo que se construye en Chile.



La presente categoría plantea estándares de eficiencia energética para construcción, equipos e implementación de energías renovables en viviendas. Estas medidas son de carácter voluntario y buscan incentivar en el mediano plazo el mejoramiento de los parámetros referidos a habitabilidad contenidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Con ello se busca reducir el consumo energético en el sector construcción y su consecuente impacto ambiental, además de favorecer el aumento en el bienestar de los usuarios de las viviendas.

De esta forma, la presente categoría busca ser un aporte a los lineamientos sobre eficiencia energética para el sector edificación que impulsa el Gobierno, como “La Política Energética de Chile 2050” publicada por el Ministerio de Energía en 2015, que establece importantes metas; entre ellas destaca la referida a que, al 2035 se espera que el 100% de las edificaciones de uso público y edificaciones de uso residencial nuevas cuentan con estándares OCDE de construcción eficiente. Asimismo, la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable desarrollada por el Minvu plantea diversas metas en materia de eficiencia energética, de las cuales podemos mencionar:

- Aportar desde el sector comercial, público y residencial, (CPR), al compromiso de reducción del 12% en el consumo energético (proyectado al 2020).
- Aportar desde el sector de la construcción a la reducción del 20% en la emisión de gases efecto invernadero, tomando como base las emisiones proyectadas al 2020.
- Aportar desde el sector construcción a que, al año 2024, un 10% de la energía generada sea a través de fuentes renovables no convencionales.

La segunda edición de este tomo incorpora actualizaciones que responden a aportes realizados por diferentes especialistas y/o por equipos del Minvu, a partir de la publicación de la primera versión, en noviembre de 2016.

Específicamente en ésta edición se unificó la variable Desempeño Energético con la Calificación Energética de Viviendas, para simplificar y estandarizar el proceso de evaluación energética de las edificaciones residenciales.

## DESCRIPCIÓN

La Categoría Energía establece estándares de eficiencia energética para el diseño y construcción de viviendas, junto con metas de desempeño energético para la operación de las mismas. Por otra parte, fija requerimientos para que las viviendas operen en forma eficiente, generando el menor impacto ambiental posible, planteando la incorporación de sistemas de climatización, calentamiento de agua e iluminación eficientes, además de sistemas de apoyo en base a energías renovables. Todo lo anterior registrado a través de sistemas de monitoreo de consumo de energía que colaboren con informar a los usuarios sobre su uso eficiente.

## OBJETIVO

Contribuir a la reducción de demanda y consumo energético del sector residencial a través del fomento del diseño solar pasivo y del uso de equipos energéticamente eficientes, energías renovables, y hábitos de uso eficiente de la energía en las diferentes etapas de un proyecto.

## CONTEXTO

Chile presenta un consumo primario de energía per cápita menor al de otros países que cuentan con un mayor nivel de desarrollo económico, alcanzando menos de la mitad del consumo per cápita que muestran, en promedio, los países de la OCDE. Por esta razón, es esperable que nuestro país vaya aumentando su consumo de energía per cápita, conforme se desarrolla económicamente. Al respecto, surgen diversos desafíos impuestos por los cambios en las tendencias energéticas, en cuanto a cómo se desarrollará la infraestructura energética vinculada a consideraciones ambientales y sociales.



Los últimos diez años de la agenda energética del país han estado marcados por hitos como el corte de gas natural desde Argentina; severos y largos períodos de sequía, dificultades en el otorgamiento de permisos ambientales, insuficiente entrada de proyectos, la escasa inversión en infraestructura en el área de generación y transmisión eléctrica y la entrada de nuevas empresas al mercado. Todo ello, ha contribuido a mantener las condiciones de estrechez de oferta de suministro eléctrico, lo que ha elevado los costos marginales y los precios para cliente final, reflejando un desarrollo ineficiente del sistema, lo que se ha visto agravado en los últimos años.

Por otra parte, Chile importa el 60% de su energía primaria, lo que lo convierte en un país vulnerable a la inestabilidad y volatilidad de los mercados internacionales, y a las restricciones de abastecimiento que se produzcan por fenómenos políticos, climáticos o de mercado.

En Chile los principales energéticos utilizados son: petróleo con un 32%, carbón con un 24,4%, y leña con un 23,7%; sin embargo, es destacable que un 95% del petróleo es importado, mientras la biomasa corresponde al principal recurso energético local.

Asimismo, en las zonas centro y sur de Chile el 62% del combustible utilizado en el sector residencial es leña y sus derivados para la calefacción<sup>1</sup>. Esto, debido a su disponibilidad, poder calorífico y menor costo, respecto a los demás combustibles. Sin embargo, su uso acarrea problemas ambientales, tales como contaminación atmosférica y erosión por explotación de bosques, consecuencias que repercuten en la salud y calidad de vida de las personas.

Al respecto, en los últimos años el Estado ha llevado a cabo políticas, regulaciones y acciones necesarias para promover una matriz que privilegie los recursos energéticos propios y limpios; que use de manera eficiente la energía que produce; y que respete a sus comunidades y entorno.

<sup>1</sup> Minenergía, 2015. Política de Uso de la Leña y sus Derivados para la Calefacción.

Todo lo anterior demuestra que la energía es uno de los temas más importantes a considerar durante el ciclo de vida de la edificación, principalmente en el sector residencial. Los desafíos que esto plantea, y que buscamos abordar en la presente categoría, son disminuir el consumo de energía para climatización, calentamiento de agua, iluminación y operación de artefactos, además de la autosustentación por medio de microgeneración de energías renovables; a ello se suman las nuevas herramientas de control y monitoreo que se plantea proporcionar a los usuarios.

## ESTRUCTURA

ETAPA DE DISEÑO	
2.1 Desempeño energético	2.1.1 Desempeño energitérico
2.2 Método prescriptivo	2.2.1 Asoleamiento
	2.2.2 Envoltente opaca eficiente
	2.2.3 Envoltente transparente eficiente
	2.2.4 Protecciones solares y térmicas
	2.2.5 Infiltraciones
2.3 Equipos energéticamente eficientes	2.3.1 Sistemas de calefacción energéticamente eficiente
	2.3.2 Sistemas de enfriamiento energéticamente eficiente
	2.3.3 Estándares de iluminación interior
	2.3.4 Estándares de iluminación exterior
	2.3.5 Sistemas de energías renovables
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
Procedimientos de verificación de cumplimiento en etapa de Construcción	
ETAPA DE OPERACIÓN	
2.4 Plan de gestión y monitoreo energético en operación	2.4.1 Sistemas de medición y monitoreo de la energía





# SUBCATEGORÍAS Y VARIABLES



## 2.1 DESEMPEÑO ENERGITÉRMICO

### 2.1.1 DESEMPEÑO ENERGITÉRMICO EFICIENTE

#### OBJETIVO

Establecer metas de reducción de demanda de calefacción y enfriamiento de las viviendas, buscando viviendas de bajo consumo energético hacia el año 2050.

#### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

##### EN ETAPA DE DISEÑO:

###### a. Reducción de demanda de calefacción y enfriamiento:

- Demostrar mediante simulación computacional dinámica, que la vivienda cumple con demandas máximas de calefacción y enfriamiento proyectadas en kWh/m<sup>2</sup>/año, para el 2020, 2030, 2040 y 2050, según se indica en las Tablas 2.1. y 2.2.

##### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

###### b. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar, en obra, el cumplimiento de los parámetros constructivos ingresados al modelo de simulación energética, junto con lo estipulado en las especificaciones técnicas, particularmente lo referido a envolvente térmica y detalles constructivos.

##### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

###### c. Monitoreo:

- Al año de operación, verificar que el desempeño energético de la vivienda sea acorde a lo proyectado en la etapa de diseño, mediante monitoreo de consumos de energía para calefacción y enfriamiento del primer año de operación.

## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Reducción de demanda en calefacción y enfriamiento

- **Especificaciones técnicas:** Deberán contar con el detalle de la envolvente térmica opaca y transparente. Esto corresponde a valores de transmitancia térmica, masa térmica, relación entre superficie vidriada y opaca, y porcentaje de ventanas por orientación, entre otros.
- **Planimetría:** Planos de arquitectura y detalles, a escala, que demuestren el cumplimiento de lo establecido en las especificaciones técnicas y los parámetros ingresados al modelo de simulación energética.
- **Determinar las demandas de energía para calefacción y enfriamiento de la vivienda:** Para determinar las demandas de calefacción y enfriamiento se deberán realizar simulaciones dinámicas, según se detalla en la presente metodología.

Las demandas de calefacción y enfriamiento deben ser iguales o menores a las establecidas en las Tablas 2.1. y 2.2. de la presente categoría

Las zonas térmicas están descritas en el Anexo 2.1 del presente documento.

TABLA 2.1:  
TABLA DE REQUERIMIENTOS MÁXIMOS DE DEMANDA EN CALEFACCIÓN PARA VIVIENDA POR ZONA:

ZONAS TÉRMICAS	DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kwh/m <sup>2</sup> año)			
	2020	2030	2040	2050
Zona A	15	15	15	15
Zona B	90	65	43	15
Zona C	77	56	38	15
Zona D	71	52	35	15
Zona E	117	88	59	30
Zona F	135	100	67	30
Zona G	120	90	60	30
Zona H	120	90	60	30
Zona I	150	110	73	30

Fuente: Elaboración propia, basada en estudio sobre rangos de confort térmico y riesgos de sobrecalentamiento (Bustamante, 2015).

**TABLA 2.2:**  
**TABLA DE REQUERIMIENTOS MÁXIMOS DE DEMANDA EN ENFRIAMIENTO PARA VIVIENDA AISLADA POR ZONA:**

ZONAS TÉRMICAS	DEMANDA DE ENFRIAMIENTO (kwh/m <sup>2</sup> año)			
	2020	2030	2040	2050
Zona A	10	5	5	5
Zona B	10	5	5	5
Zona C	10	5	5	5
Zona D	15	10	5	5
Zona E	5	5	0	0
Zona F	5	5	0	0
Zona G	0	0	0	0
Zona H	0	0	0	0
Zona I	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, basada en estudio sobre rangos de confort térmico y riesgos de sobrecalentamiento (Bustamante, 2015).

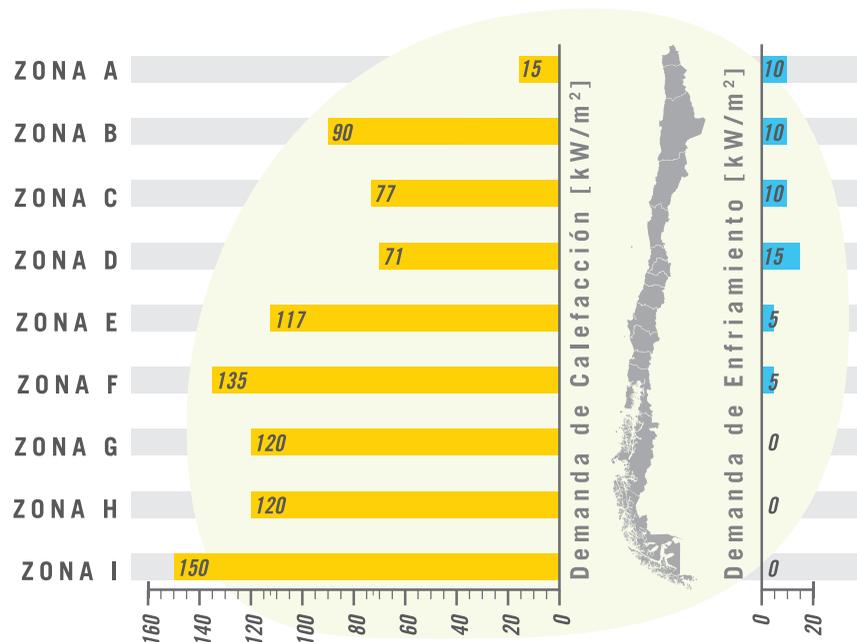


Ilustración N° 1

### • Alternativas de simulación energética:

Para determinar las demandas energéticas, se podrá optar por una de las siguientes alternativas:

#### 1. Uso de las planillas de balance térmico dinámico (PBTD) de la Calificación Energética de Viviendas:

PBTD es un software con base en Microsoft Excel, capaz de realizar simulaciones dinámicas con base en la entrada de datos paramétricos de manera simplificada. Permite evaluar escenarios de demanda térmica en base a datos generales del diseño de arquitectura de la vivienda y equipos de climatización. Disponible de manera gratuita en [www.calificacionenergetica.cl](http://www.calificacionenergetica.cl).

#### 2. Uso de software de simulación energética de libre elección:

Deberá estar acreditado mediante el método estandarizado para evaluación de programas computacionales de análisis energético de edificios, ANSI/ASHRAE Standard 140-2014. Algunos programas de referencia son: Designbuilder, IES Virtual Environment, IDA ICE o EDSL Tas. Para acceder a un listado completo de aplicaciones, consultar el directorio publicado por la International Building Performance Simulation Association de Estados Unidos (IBPSA-USA) disponible en [www.buildingenergysoftwaretools.com](http://www.buildingenergysoftwaretools.com). Es necesario aplicar el filtro Whole-Building Energy Simulation (consulta de julio de 2017).

#### • Los programas de simulación energética deberán poseer, como mínimo, las siguientes capacidades:

- Simulación de 8760 horas por año.
- Variación horaria de cargas de ocupación, iluminación y equipos eléctricos, definidos por separado para días de semana, fines de semana y feriados.
- Efectos de la masa térmica.
- Efectos de la radiación solar directa y difusa sobre superficies opacas y traslúcidas.
- Pérdidas y ganancias energéticas por concepto de infiltración de aire.
- Simulación de diez o más zonas térmicas.
- Cálculo de demanda de calefacción y enfriamiento.
- Capacidad de integración de sistemas de ventilación mecánica y recuperador de calor.

Ilustración N° 1:  
Demandas de calefacción y enfriamiento según meta 2020.

- Carga de archivos de clima en formato.epw aprobados por Minvu.

Para llevar a cabo las simulaciones se deberán considerar como “Datos de entrada” los que se detallan a continuación:

#### • Datos de entrada para la simulación mediante software de libre elección:

Los parámetros de simulación que se presentan a continuación, han sido definidos para homologar las variables de cálculo de la herramienta CEV.

#### 1. Archivos climáticos:

Se deberán utilizar los archivos climáticos creados exclusivamente para uso en simulaciones requeridas por el presente estándar, disponibles de manera gratuita en [csustentable.minvu.gob.cl](http://csustentable.minvu.gob.cl). Estos archivos poseen formato Energy Plus Weather (.epw) y han sido elaborados a partir de los datos utilizados por la Herramienta de Cálculo de la CEV para homologación de condiciones climáticas.

Se presentan nueve archivos climáticos en base a la zonificación climático habitacional para Chile presente en la NCh 1079:2008, además de uno extra (J) de uso exclusivo para la ciudad de Calama.

- A. Norte litoral
- B. Norte desértico
- C. Valles transversales
- D. Centro litoral
- E. Centro interior
- F. Sur litoral
- G. Sur interior
- H. Sur extremo
- I. Zona andina
- J. De uso exclusivo para la ciudad de Calama

#### 2. Zonificación de recintos interiores del modelo energético:

La representación geométrica de la vivienda se realizará a través de una zona interior única, sin particiones interiores.

Dicha zona interior, incluirá todos los recintos habitables (difiere de la definición de OGUC, consultar definiciones) que se encuentren contenidos por la envolvente térmica y será modelada considerando el perímetro interior de los cerramientos. Se podrán crear dos o más zonas interiores en casos excepcionales, en que una misma vivienda no presente todos sus recintos interconectados entre si (que no estén contenidos dentro de un mismo volumen).

Los espacios semiexteriores adyacentes a la vivienda, tales como entretechos, corredores, garajes o invernaderos, deberán ser creados como zonas independientes y deberán ser excluidos del cálculo de demanda térmica. Estas zonas no deberán presentar cargas internas.

Las ventanas y puertas exteriores deberán ser modeladas según dimensión y posición del proyecto de arquitectura, considerando el área de sus vanos. El software deberá tener la capacidad de calcular la pérdida a través de marcos considerando su materialidad y porcentaje con respecto de la superficie vidriada. Dicho procedimiento deberá quedar documentado en el reporte energitético a suministrar como evidencia para esta variable.

#### 3. Cargas internas asociadas a iluminación:

Se deberán considerar 1,5 W/m<sup>2</sup> de potencia instalada. Para definir el horario de encendido y apagado de luces, se crearán calendarios horarios según región, para distintos meses del año, como se indica en la Tabla 2.3.

TABLA 2.3: HORARIOS DE ENCENDIDO DE LUCES AL INTERIOR DE LA VIVIENDA.

	HORARIO DESDE - HASTA				
	ENE-FEB	MAR-ABR	MAY-AGO	SEP-OCT	NOV-DIC
	GMT-3	GMT-3	GMT-4	GMT-3	GMT-3
Arica y Parinacota	20-22	7-8 / 20-22	18-22	7-8 / 20-22	20-22
Tarapacá	20-22	7-8 / 20-22	18-22	7-8 / 20-22	20-22
Antofagasta	20-22	7-8 / 20-22	18-22	7-8 / 20-22	20-22
Atacama	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Coquimbo	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Valparaíso	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Metropolitana	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
O'Higgins	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Maule	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Biobío	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22

TABLA 2.3: HORARIOS DE ENCENDIDO DE LUCES AL INTERIOR DE LA VIVIENDA.

	HORARIO DESDE - HASTA				
	ENE-FEB	MAR-ABR	MAY-AGO	SEP-OCT	NOV-DIC
	GMT-3	GMT-3	GMT-4	GMT-3	GMT-3
La Araucanía	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Los Ríos	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Los Lagos	21-22	7-8 / 20-22	7-8 / 18-22	7-8 / 20-22	21-22
Aysén	-	7-8 / 20-22	7-8 / 17-22	7-8 / 20-22	-
Magallanes	-	7-8 / 20-22	7-8 / 17-22	7-8 / 20-22	-

Fuente: Elaboración propia.

**4. Cargas internas asociadas a equipos eléctricos:**

No se consideran.

**5. Cargas internas asociadas a ocupantes:**

Se utilizará una ocupación en concordancia con la NCh 3308:2013, la cual determina un mínimo de dos personas, más una por cada dormitorio. Dichas personas proporcionarán una carga sensible de 98,4 W durante el día (7 a 22 horas) y 82 W durante la noche (22 a 7 horas), utilizando el siguiente calendario, para todos los días del año.

TABLA 2.4: HORARIOS DE ENCENDIDO DE LUCES AL INTERIOR DE LA VIVIENDA.

HORARIO DESDE-HASTA	FRACCIÓN DE OCUPACIÓN
0-8	1
8-9	0,9
9-10	0,4
10-17	0,3
17-18	0,5
18-22	0,9
22-24	1

Fuente: Referencia del Manual de Usuario ASHRAE 90.1-2013. Disponible en <https://comnet.org/appendix-c-schedules>**6. Cálculo de demanda térmica:**

El cálculo de demanda energética para enfriamiento y calefacción, deberá realizarse considerando los límites de temperatura mensuales de las Tablas 2.4 y 2.5, respectivamente. Estas fueron determinadas en base al método de confort adaptativo de Dear & Brager (1998), señalado en ASHRAE Fundamentals, capítulo "Thermal Comfort", aplicando una banda de +2,5 °C a -2,5 °C, con respecto de la temperatura media de confort. La demanda térmica será calculada para alcanzar los niveles de confort de manera permanente, independiente del horario real de uso la vivienda.

TABLA 2.5: TEMPERATURAS MENSUALES PARA CÁLCULO DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO.

LÍMITES PARA CALEFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO											
ZONA TÉRMICA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ENE	CALEFACCIÓN	21,7	21,3	21,1	21,6	20,9	20,9	20,6	20,4	19,5	20,5
	ENFRIAMIENTO	26,7	26,3	26,1	26,6	25,9	25,9	25,6	25,4	24,5	25,5
FEB	CALEFACCIÓN	21,6	21,2	21,0	21,5	20,6	20,8	20,3	20,2	19,1	20,3
	ENFRIAMIENTO	26,6	26,2	26,0	26,5	25,6	25,8	25,3	25,2	24,1	25,3
MAR	CALEFACCIÓN	21,4	20,9	20,7	20,9	20,2	20,3	20,0	19,8	18,7	19,8
	ENFRIAMIENTO	26,4	25,9	25,7	25,9	25,2	25,3	25,0	24,8	23,7	24,8
ABR	CALEFACCIÓN	21,1	20,3	20,3	20,0	19,6	19,5	19,3	19,3	18,0	19,5
	ENFRIAMIENTO	26,1	25,3	25,3	25,0	24,6	24,5	24,3	24,3	23,0	24,5
MAY	CALEFACCIÓN	20,8	19,8	19,9	19,2	19,2	19,0	19,0	18,3	17,4	19,1
	ENFRIAMIENTO	25,8	24,8	24,9	24,2	24,2	24,0	24,0	23,3	22,4	24,1
JUN	CALEFACCIÓN	20,5	19,5	19,6	18,5	18,7	18,4	18,4	17,6	17,0	18,4
	ENFRIAMIENTO	25,5	24,5	24,6	23,5	23,7	23,4	23,4	22,6	22,0	23,4
JUL	CALEFACCIÓN	20,3	19,3	19,4	18,6	18,0	18,3	18,2	17,5	17,0	18,8
	ENFRIAMIENTO	25,3	24,3	24,4	23,6	23,0	23,3	23,2	22,5	22,0	23,8
AGO	CALEFACCIÓN	20,3	19,3	19,5	18,8	18,6	18,5	18,3	17,5	17,1	18,8
	ENFRIAMIENTO	25,3	24,3	24,5	23,8	23,6	23,5	23,3	22,5	22,1	23,8
SEP	CALEFACCIÓN	20,5	19,9	19,7	19,4	19,0	18,9	18,7	18,1	17,6	19,4
	ENFRIAMIENTO	25,5	24,9	24,7	24,4	24,0	23,9	23,7	23,1	22,6	24,4
OCT	CALEFACCIÓN	20,7	20,1	20,1	20,1	19,5	19,4	19,2	18,5	18,3	19,4
	ENFRIAMIENTO	25,7	25,1	25,1	25,1	24,5	24,4	24,2	23,5	23,3	24,4
NOV	CALEFACCIÓN	21,1	20,5	20,5	20,6	20,1	19,9	19,9	19,2	18,5	20,0
	ENFRIAMIENTO	26,1	25,5	25,5	25,6	25,1	24,9	24,9	24,2	23,5	25,0
DIC	CALEFACCIÓN	21,5	20,9	20,9	21,3	20,6	20,5	20,5	20,0	19,0	20,0
	ENFRIAMIENTO	26,5	25,9	25,9	26,3	25,6	25,5	25,5	25,0	24,0	25,0

Fuente: Elaboración propia, basada en estudio sobre rangos de confort térmico para Calificación Energética de Viviendas 2.0 (Fissore, 2017).

Nota: La zona J corresponde a una zona especial confeccionada para la ciudad de Calama y sus alrededores.

## 7. Construcciones y materiales:

El modelo de simulación deberá representar, de manera fidedigna, la posición de los elementos constructivos y materiales que los componen. El software deberá tener la capacidad de calcular transmitancias térmicas de las construcciones de acuerdo a la metodología capa-por-capa, ingresando datos tales como espesor, calor específico, conductividad térmica, densidad y resistencia superficial. Se deberá usar NCh 853:2007 como referencia para el ingreso de datos orientados a los siguientes cálculos:

- **Influencia de puentes térmicos en los elementos constructivos:** El software de simulación deberá permitir, como mínimo, ajustes al valor de transmitancia térmica en base a heterogeneidades simples y complejas.
- **Determinación de resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas.**
- **Transferencia de energía por el perímetro de pisos en contacto con el terreno:** Mediante el empleo del concepto de transmitancia térmica lineal K para aislación de piso o radier corriente, medianamente aislado o aislado, según metodología de cálculo de NCh 853:2007.

Con relación a elementos en contacto con el terreno: Se deberá calcular la transferencia de energía contra un suelo a temperatura igual a la media mensual exterior. Además, el software deberá de calcular los efectos de la masa térmica del terreno. La configuración de elementos constructivos se basará en la metodología NCh 3117:2008 para transferencia de calor contra terreno.

En el caso de que la vivienda posea ventanas con doble vidriado hermético (DVH), se deberá indicar el espesor de cristales y cámara de aire utilizados. Deberán presentarse las especificaciones técnicas del fabricante en donde se indique, al menos, transmitancia térmica U del conjunto, factor solar (g) y coeficiente de sombra (SC), valores que deberán ser ingresados al programa de simulación. En caso de no contar con fichas técnicas, se deberán ingresar los siguientes valores:  $U = 3,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $g = 0,64$ ;  $SC = 0,74$ . Para el caso de doble ventana simple, se utilizará una transmitancia térmica  $U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  con los mismos valores g y SC mencionados (se entiende por doble ventana simple, una solución constructiva en la que se utilizan dos ventanas independientes en el vano, difiere de DVH).

## 8. Infiltraciones y ventilación higiénica:

Se asumirá un intercambio constante de aire de 1 renovación de aire por hora (RAH), valor que asume infiltraciones por rendijas y ventilación por concepto de salubridad.

En caso de que el proyecto contemple ventilación mecánica (para asegurar salubridad) e infiltración menor a 1 RAH comprobada mediante Blower Test Door, la tasa de renovación de aire del modelo de simulación podrá ajustarse a dichas mediciones.

Se permitirá incorporar intercambiador de calor a sistemas de ventilación mecánica, documentando su eficiencia y consumo energético.

En caso de que la vivienda posea ventilación mecánica accionada mediante detector de CO2 y el programa permita la simulación de dicho comportamiento, se utilizará un umbral de encendido de ventilación de 1000 ppm. La concentración de CO2 interior podrá descender hasta 500 ppm (considerado como el valor de contaminación exterior).

En el caso de recintos semiexteriores, se asumirá una infiltración de 3 RAH. En caso de que se demuestren medidas de hermeticidad para dichas zonas, de acuerdo a los requerimientos de la variable 2.2.5, la infiltración podrá reducirse a 1 RAH.

## 9. Ventilación por medio de apertura de ventanas o puertas:

La ventilación natural para reducción de temperatura, por concepto de apertura de ventanas o puertas, podrá ser configurada como una tasa de 3 RAH, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Entre 22 y 6 horas.
- Cuando la temperatura interior supere el límite de enfriamiento establecido por la Tabla 2.4.
- La temperatura exterior supere los 15 °C.

Dichos valores fueron establecidos para emular condiciones de ventilación nocturna.

## 10. Obstrucciones a la radiación solar:

Deberán ser modelados como obstrucciones, todos aquellos elementos externos a la vivienda que impidan el ingreso de radiación solar a través de superficies vidriadas, cualquiera sea su orientación o ángulo de inclinación. Dichos elementos incluyen protecciones solares tales como: aleros, paneles o lamas y obstrucciones lejanas tales como edificios vecinos, topografía del terreno o estructuras fijas.

El efecto del sombreado debe ser dinámico; es decir, calculado en pasos horarios según la posición solar, afectando radiaciones tanto directas como difusas.

## • Informe de comportamiento energitérmico de la vivienda:

Se deberá desarrollar un informe de simulación energitérmico, el que contendrá, como mínimo, los siguientes elementos::

- Nombre y versión del software utilizado.
- Vistas isométricas o fugadas extraídas del software de simulación, en caso de que este posea dicha capacidad.



- Plano de emplazamiento a escala máxima 1:500, destacando en color o línea gruesa, edificaciones y objetos que puedan generar sombra a 50 m de las fachadas norte, oriente y poniente.
- Plantas, cortes y elevaciones de arquitectura a escala máxima 1:200..
- Especificación de datos de entrada para la simulación recién mencionados, ya sea mediante software de libre elección o PBDT CEV
- Superficie y volumen de la o las zonas interiores.
- Superficie vidriada y opaca por orientación, según instrucciones del requerimiento “b” de la Variable 2.2.1: Asoleamiento.
- Desglose de consumo energético de iluminación y ventilación mecánica (esta última si corresponde) en kWh, de manera mensual y total del año.
- Desglose de demanda energética para enfriamiento y calefacción, de manera mensual y total del año en kWh y kWh/m<sup>2</sup>.

● **Checklist N° 2:**

Completar el Checklist N°2A, para verificar el cumplimiento de lo requerido en etapa de diseño.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### b. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar la calidad de la construcción, en cuanto lo requerido en la etapa de diseño.
- Llevar a cabo una bitácora mensual de obra (según Anexo 5.6, del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en las especificaciones técnicas. Esta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes, con las fechas en las que fueron tomadas. Esta bitácora debe ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras. Su fin es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes, para cumplimiento de los estándares constructivos con enfoque térmico, tales como, aislamiento y hermeticidad.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### c. Monitoreo:

- Al año de operación, se debe desarrollar un informe que presente el monitoreo mensual de consumo de energía para calefacción y enfriamiento del primer año de operación, demostrando el cumplimiento de lo propuesto en la etapa de diseño.
- Para llevar a cabo el monitoreo refiérase a metodología del numeral 2.4.1 “Sistema de medición y monitoreo” del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Reducción de demanda en calefacción y enfriamiento:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante y debe contar con el siguiente documento, en caso que corresponda:
- Informe de comportamiento energitético de la vivienda.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### b. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante .
- Bitácora mensual de obra (según Anexo 5.6, del presente documento), validada por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante, en el libro de obras.
- En caso de que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### c. Monitoreo:

- Checklist N° 2C, para verificar después de un año de operación el cumplimiento del requerimiento, validado por el mandante y que cuente con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Informe de monitoreo mensual de consumo de energía para calefacción y enfriamiento durante un año.
  - Control sobre mantención periódica de los sistemas de calefacción y enfriamiento, según lo solicitado en el Anexo 5.4 numeral 3. Energía “2.2 Control sobre Mantención Periódica de Sistemas de Calefacción, Agua Caliente Sanitaria y Enfriamiento”.
  - Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 “Manual de Usuario de la Vivienda”.



## NOTAS

### • Sobre la relación entre adosamiento y demanda térmica:

Uno de los criterios de diseño de mayor influencia en la reducción demanda de calefacción y de enfriamiento, corresponde a la proporción de la envolvente térmica que se encuentra en contacto con el exterior. El pareo o adosamiento, puede llevar a un ahorro considerable de energía dedicada al acondicionamiento térmico.

Para complementar esta idea, se entrega a modo de referencia la Tabla 2.6, que presenta el porcentaje de reducción de la demanda térmico-energética en función del sistema de agrupación. Se compara una vivienda tipo aislada contra la misma vivienda en formato pareada, continua o departamento. Esta información, posee base técnica en un estudio de comportamiento térmico orientado a destino habitacional desarrollado para Minvu, y puede ser utilizado a modo referencial en etapas de prediseño para apoyar la toma decisiones tempranas.

TABLA 2.6: PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE DEMANDA EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE ADOSAMIENTO

	VIVIENDA AISLADA	VIVIENDA PAREADA	VIVIENDA CONTINUA	VIVIENDA DEPARTAMENTO (VECINOS ARRIBA, ABAJO Y AMBOS LADOS)
Porcentaje de reducción de demanda	0%	23%	48%	83%

Fuente: Elaboración propia, basado en estudio sobre rangos de confort térmico y riesgos de sobrecalentamiento (Bustamante, 2015).

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- A la fecha de la presente publicación no existen requerimientos reglamentarios sobre desempeño energético óptimo para las viviendas en Chile.

## DEFINICIONES

- **Demanda de calefacción y enfriamiento:** Energía estimada para suplir la diferencia entre pérdidas y ganancias de calor en períodos fríos o calurosos del año, considerando los fenómenos térmicos que se dan en una vivienda (basado en Bustamante, 2009).
- **Consumo energético de calefacción y enfriamiento:** Cantidad de energía utilizada para satisfacer la demanda energética para calefacción o refrigeración, dependiendo del rendimiento del sistema de clima. (Bustamante, 2009).
- **Zona interior:** Espacio o un conjunto de espacios dentro de la envolvente térmica que comparten condiciones de ocupación y requerimientos de climatización.

Las zonas interiores están definidas geoméricamente por volúmenes finitos configurados por planos que representan de manera simplificada a los muros, pisos y cielos de los recintos. En el caso de la simulación energética para cumplir con la Variable 2.1.1, se deberá considerar una zona interior que contenga a todos los recintos de la vivienda, sean estos acondicionados térmicamente o no en el proyecto real.

- **Método prescriptivo:** Método que fija reglas o estándares mínimos o máximos para elementos en un edificio, entre los que se destacan, para este caso, valores de transmitancia térmica para diferentes elementos de la envolvente, tasas de infiltración o requisitos de eficiencia para los sistemas mecánicos, tales como calentadores de agua y equipos de climatización (adaptado de AHFC, 2011).

- **Envolvente térmica:** Elementos perimetrales de las edificaciones que las separan del ambiente exterior (aire, terreno, agua), de un espacio contiguo abierto o un espacio no acondicionado.

- **Puentes térmicos:** Parte de la envolvente térmica de la edificación, en que la resistencia térmica uniforme es drásticamente modificada por:

- a) Penetración total o parcial de la envolvente térmica del edificio por materiales con una conductividad térmica distinta, como elementos estructurales o tuberías de las instalaciones; y/o
- b) Una diferencia entre las áreas interna y externa, como la que ocurre en las conexiones de muros/pisos/techos y los elementos que conforman los vanos de la edificación.

- **Resistencia térmica total:** Inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa especial del elemento. Se expresa en  $(m^2 \cdot K)/W$ .

- **Transmitancia térmica, U:** Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en  $W/(m^2 \cdot K)$ .

- **Inercia térmica:** Capacidad que poseen los materiales de construcción de almacenar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. Esta capacidad depende de la masa, densidad y calor específico del material (IECA, 2016).

- **Recinto habitable:** Todo recinto sometido a la ocupación de personas, de forma sostenida o eventual, y con requerimientos de confort térmico, resultando en una demanda energética de calefacción y/o refrigeración para proveer estas condiciones de confort (MOP, 2012).

- **Recinto no habitable:** Todo recinto que no registra o, en casos excepcionales, registra ocupación de personas y no presentan requerimientos de confort térmico, por lo que se considera su operación en régimen de temperatura en oscilación libre (MOP, 2012).



• **Recinto Semi-Exterior:** Todo recinto que no posee requerimientos de confort térmico que no posee aislación térmica o medidas de hermeticidad contra el ingreso de aire exterior. No poseen consumo de energía por equipamiento o iluminación significativos. Ejemplos: entretechos, corredores, garajes o invernaderos adosados a las viviendas.

## REFERENCIAS

- AHFS, 2011. Comparative Analysis of Prescriptive, Performance-Based, and Outcome-Based Energy Code Systems, Alaska Housing Finance Corporation. US. Disponible en: [https://www.ahfc.us/files/9013/5754/5384/cascadia\\_code\\_analysis\\_071911.pdf](https://www.ahfc.us/files/9013/5754/5384/cascadia_code_analysis_071911.pdf). Consultado el 19.07.16
- ANSI/ASHRAE 2007. Standard 90.1: Energy Standard for Buildings Except Low Rise Residential Buildings.
- ANSI-ASHRAE 2014. Standard 140. Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.
- ASHRAE 2014. 90.1 User's Manual – ANSKI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2013. Atlanta, GA, USA. Disponible en: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-90-1-user-s-manual>
- Bustamante, 2009. Guía de Diseño para la Eficiencia energética en la Vivienda Social. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Bustamante, 2015. Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile.
- ISO, 2008. Norma ISO 13790:2008, Cálculo del consumo de energía para calefacción y enfriamiento de espacios.
- Johnson, 1981. Patterns of Residential Occupancy. National Research Council of Canada, Division of Building Research.
- Minergía, 2010. Decreto 331. Reglamento de la Ley N°20.365, que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos
- INN, 2014. NCh 853:2007, Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- MOP, 2007. Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental.

# 2.2 MÉTODO PRESCRIPTIVO

## 2.2.1 ASOLEAMIENTO

### OBJETIVO

Permitir el ingreso de radiación solar al interior de la vivienda durante periodos fríos y obstruirla durante periodos calurosos a través del diseño estratégico de superficies vidriadas y protecciones solares, con la finalidad de mantener una temperatura interior confortable de manera pasiva.

### REQUERIMIENTOS

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Acceso de radiación directa en solsticio de invierno:

- En solsticio de invierno, asegurar que al menos el 90% de los recintos habitables reciban radiación directa, al menos una hora al día. Se deberán considerar en el análisis de asoleamiento los edificios u objetos que puedan generar sombra a 50 m de las fachadas norte, oriente y poniente.

##### b. Porcentajes de ventanas por orientación:

- La sumatoria de fachadas vidriadas oriente y poniente debe corresponder como máximo a un 50% de la sumatoria de las superficies vidriadas norte. Para fachadas sur, se deberá cumplir con las superficies máximas por zona térmica, indicadas en la Tabla 2.13. de la Variable 2.2.3: Envoltura transparente eficiente.

##### c. Protecciones térmicas:

- Instalar protecciones exteriores térmicas para superficies vidriadas expuestas a climas fríos y ventosos, en zonas térmicas de la D a la I.

##### d. Protecciones solares:

- Asegurar sombreado efectivo de un 90% de superficies vidriadas en solsticio de verano a distintas horas del día.



**e. Relación con el entorno:**

- Asegurar que el proyecto de viviendas, como conjunto, respete el derecho al sol de edificaciones vecinas, demostrando que estas cumplen con el requerimiento “a” del presente numeral.

**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño en obra.

**ETAPA DE OPERACIÓN:****g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, al año de operación.

**METODOLOGÍA:****EN ETAPA DE DISEÑO:**

Para verificar el cumplimiento de los requerimientos de diseño, se deberá llevar a cabo un “Estudio de Asoleamiento”, el que debe usar como referencia el ángulo de inclinación solar (altitud solar) del solsticio de invierno y verano en cada región, según se indica en la Tabla 2.7.

**TABLA 2.7: INCLINACIÓN SOLAR REFERENCIAL, A MEDIODÍA SOLAR, PARA SOLSTICIOS DE INVIERNO Y VERANO, EN LAS CAPITALES DE LAS 15 REGIONES DE CHILE.**

REGIÓN	CIUDAD	SOLSTICIO INVIERNO	SOLSTICIO VERANO
Región de Arica y Parinacota	Arica	48°	83,1°
Región de Tarapacá	Iquique	46,2°	84,1°
Región de Antofagasta	Antofagasta	44,2°	85,3°
Región de Atacama	Copiapó	39,3°	83,9°
Región de Coquimbo	La Serena	36,5°	82,5°

REGIÓN	CIUDAD	SOLSTICIO INVIERNO	SOLSTICIO VERANO
Región de Valparaíso	Valparaíso	33,2°	80°
Región Metropolitana	Santiago	33°	79,1°
Región del O'Higgins	Rancagua	32,3°	78,5°
Región del Maule	Talca	31°	77,5°
Región del Biobío	Concepción	29,8°	76,3°
Región de La Araucanía	Temuco	29°	74,5°
Región de Los Ríos	Valdivia	26,7°	73,5°
Región de Los Lagos	Puerto Montt	25°	71,8°
Región de Aysén	Coyhaique	20,8°	67,6°
Región de Magallanes	Punta Arenas	13,3°	60°

Fuente: Elaboración propia.

**a. Acceso de radiación directa en solsticio de invierno:**

- En solsticio de invierno, asegurar que al menos el 90% de los recintos habitables reciban radiación directa, al menos una hora, al día del solsticio de invierno.
- Suministrar planta de emplazamiento del proyecto, a escala máxima 1:500, destacando en color o línea gruesa, edificaciones u objetos que puedan generar sombra a 50 m de las fachadas norte, oriente y poniente.
- Suministrar cortes de los recintos habitables a escala máxima 1:100, que cuenten con ingreso de radiación solar directa en solsticio de invierno, indicando el ángulo de altura solar y horario correspondiente, mediante una línea proyectada al punto medio de la ventana.
- Suministrar plantas de los recintos habitables a escala máxima 1:200, que cuenten con ingreso de radiación solar directa en solsticio de invierno, indicando el ángulo de azimut solar y horario correspondiente, mediante una línea proyectada al punto medio de la ventana.



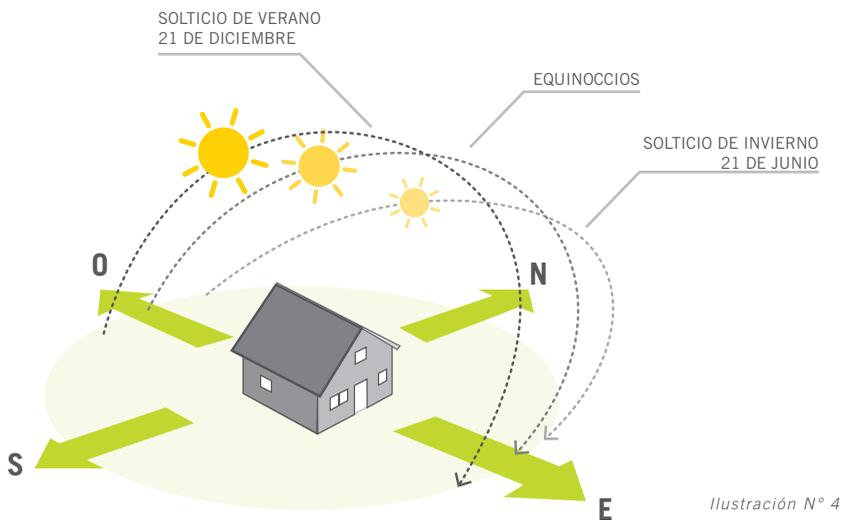
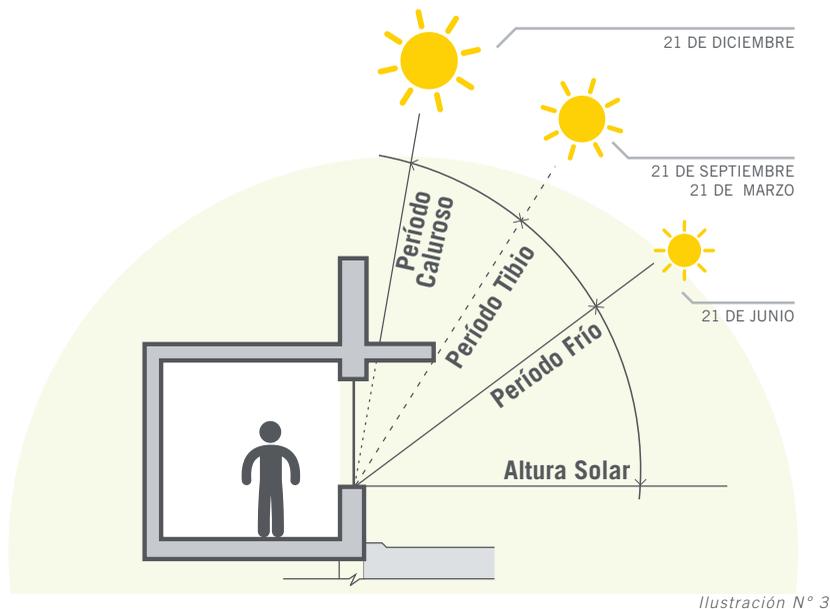


Ilustración N° 3:  
Esquema que demuestra, de manera simplificada, la efectividad de los aleros para controlar el ingreso de radiación solar a través de ventanas en fachadas orientadas al norte.

Ilustración N°4:  
Representación esquemática de la trayectoria solar en solsticios y equinoccios.

**b. Porcentajes de ventanas por orientación:**

- A través de la planta de emplazamiento suministrada en la letra “a” del presente numeral, clasificar la orientación de cada paramento vertical de fachada exterior, incluyendo muros medianeros, según Ilustración N° 5.
- Suministrar plantas y elevaciones del proyecto, a escala máxima 1:100, donde se identifique cada ventana del proyecto mediante un código único, que será traspasado a planillas para cálculo de superficie vidriada.
- Planillas de cálculo independientes para orientaciones norte, sur, este y oeste, indicando el porcentaje de superficie vidriada según procedimientos de la OGUC 4.1.10, numeral 2. Exigencias para ventanas. En este caso, se deberá considerar como superficie vidriada, el vano completo donde se instala la ventana; es decir, el área de marcos se incluye como transparente. El resultado final de la planilla, deberá comprobar que la suma de las superficies vidriadas orientadas al este y oeste no superan el 50% de las superficies vidriadas orientadas al norte. Por otra parte, las ventanas sur del proyecto deberán cumplir con los valores de superficie máxima que se indican en la Tabla 2.13.

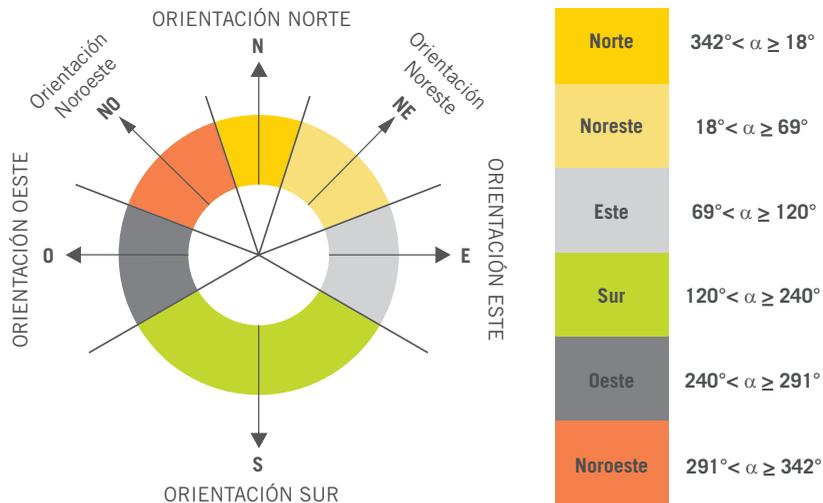


Ilustración N°5:  
Instrucciones para la definición de orientación de las fachadas.

**c. Protecciones térmicas:**

- Instalar protecciones térmicas en un 90% de las superficies vidriadas; estas podrán tener formato de postigo, persiana, panel o rollo, indicando la transmitancia térmica del complejo a través de cálculo según metodología NCh 853:2014 mediante suministro de especificaciones técnicas del fabricante.
- Suministrar elevaciones donde se proyecten las protecciones térmicas, destacando superficies vidriadas que recibirán protección térmica, escala máxima 1:100.
- Demostrar a través de detalles constructivos, escala máxima 1:20, el mecanismo de funcionamiento; anclaje a muro; sistema de apertura y cierre; sujeción a ventana, distancia de holgura contra cristales y cualquier otro aspecto necesario para demostrar la efectividad de la aislación añadida mediante elementos externos.

**d. Protecciones solares:**

- A través de la instalación de protecciones solares en formato de aleros, paneles, celosías o persianas, sean estas móviles o fijas, en solsticio de verano, asegurar sombreadamiento de al menos el 90% de:
  - Superficies vidriadas orientadas hacia el este a las 10 horas.
  - Superficies vidriadas orientadas hacia el norte a las 13 horas.
  - Superficies vidriadas orientadas hacia el oeste a las 16 horas.
- Suministrar plantas y cortes de los recintos habitables a escala máxima 1:100, que cuenten con ingreso de radiación solar directa en solsticio de invierno, indicando el ángulo de altura y zenit solar y horario correspondiente, demostrando la efectividad del sombreadamiento producido por protecciones solares u obstrucciones propias de la geometría del edificio.
- En caso de proyectar protecciones solares vegetales, se deberá suministrar el detalle de su especie, sistema de sujeción y sustrato, asegurando la caducidad de hojas durante el invierno.
- Planilla que contenga el desglose de cada ventana con su superficie total y superficie sombreada en las horas indicadas.

**e. Relación con el entorno:**

- Plano de emplazamiento del proyecto, a escala máxima 1:500, considerando edificaciones a un radio de 50 m desde cada fachada exterior del edificio o vivienda proyectada, con las sombras arrojadas en los siguientes tres horarios: 10:00 horas, 13:00 horas y 16:00 horas.
- Para validar el punto anterior, se deberán presentar los perfiles del edificio o vivienda proyectada, en orientaciones norte-sur y oriente-poniente, a escala máxima 1:200, indicando las inclinaciones solares correspondientes a los horarios indicados en el punto anterior.

**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Llevar a cabo una bitácora mensual de obra (según Anexo 5.6, del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo demandado en el requerimiento, con respecto a los porcentajes de áreas vidriadas por orientación, protecciones solares, relación con edificios cercanos, etc. Esta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes y con las fechas en las que fueron tomadas. Esta bitácora debe ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras. Su fin es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para cumplimiento de los estándares constructivos.
- Por medio de inspección visual y fotografías en los horarios pertinentes, verificar que el asoleamiento de la vivienda corresponde al proyectado en la etapa de diseño.

**ETAPA DE OPERACIÓN:****g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Por medio de inspección visual y fotografías en los horarios pertinentes, verificar después de un año de operación, que el asoleamiento de la vivienda corresponde al proyectado en la etapa de diseño.

**EVIDENCIA REQUERIDA****EN ETAPA DE DISEÑO:**

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; y debe contar con los siguientes documentos para los siguientes requerimientos:

**a. Acceso de radiación directa en solsticio de invierno:**

- Estudio de asoleamiento con:
  - Plano de emplazamiento del proyecto.
  - Planos de planta y cortes, según se indica en metodología.
  - También puede ser demostrado por medio de imágenes gráficas de simulaciones dinámicas, en los horarios solicitados en el requerimiento. Para lo cual se deben utilizar simuladores de iluminación natural del "The Building Energy Software Tools Directory".



**b. Porcentajes de ventanas por orientación:**

- Planos y elevaciones, indicando claramente distribución de porcentajes de ventanas por orientación y protecciones solares.
- Planos con detalle de ventanas, indicando número y tipo de elemento vidriado, además de características técnicas de las ventanas, tales como: tipo de marco, tipo de vidrio, transmitancia térmica, etc.
- Especificaciones técnicas de las ventanas.
- Planta de emplazamiento donde se clasifique cada fachada de acuerdo a su orientación.
- Plantas y elevaciones del proyecto a escala máxima 1:100 donde se identifiquen todas las ventanas.
- Plantillas de cálculo de superficies de ventana contra superficie de paramentos verticales, según metodología OGUC 4.1.10, numeral 2.

**c. Protecciones térmicas:**

- Elevaciones a escala máxima 1:100, destacando ventanas con protección térmicas.
- Detalles constructivos escala máxima 1:20, mostrando protecciones térmicas.
- Especificaciones técnicas de relacionadas.
- Ficha técnica del proveedor, en caso de que corresponda.

**d. Protecciones solares:**

- Plantas y cortes de recintos habitables, escala máxima 1:100, demostrando efectividad de sombreadamiento.
- Plano de detalle de elementos de sombreadamiento.
- Especificaciones técnicas de elementos de sombreadamiento.
- Fichas técnicas de fabricantes de elementos de sombreadamiento, en caso de corresponder.

**e. Relación con el entorno:**

- Memoria de proyecto según lo solicitado en el Anexo 6.2 del presente documento, que incluya:
  - Plano de emplazamiento del proyecto, según metodología.
  - Perfiles norte-sur y oriente-poniente, según metodología.

- También puede ser demostrado por medio de imágenes de simulaciones dinámicas, en los horarios solicitados en el requerimiento. Para lo cual se deben utilizar simuladores de iluminación natural del “The Building Energy Software Tools Directory”.

**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora mensual de obra (según Anexo 5.6. del presente documento) validada por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán re-entregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

**EN ETAPA DE OPERACIÓN:****g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Checklist N° 2C, para verificar después de un año de operación, que se cumple con los requerimientos propuestos en diseño, este documento debe estar validado por el mandante.
  - Verificar existencia de “Manual de Usuario de la Vivienda”
  - Control sobre mantención de las superficies vidriadas y protecciones solares.

**NOTAS**

- The Building Energy Software Tools Directory, publica el listado the simuladores válidados para iluminación natural y artificial entre otros, Disponible en: [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/). Consultado el 12.08.16.



## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- La OGUC en su Artículo 4.1.2, cuenta con un requerimiento para asegurar acceso de luz natural y ventilación.
- Existe un requerimiento de asoleamiento para las viviendas sociales de la Quinta Región en el “Itemizado Técnico de Construcción Regional para el Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda”.

## DEFINICIONES:

- **Diseño pasivo:** Metodología de diseño arquitectónico que busca reducir el acondicionamiento artificial de espacios, mediante el aprovechamiento de fenómenos naturales como la radiación solar y los vientos, con el fin de generar ambientes confortables con bajo costo de mantenimiento e impacto ambiental.
- **Protección solar móvil:** Protecciones solares que impidan el ingreso de la radiación solar solo en los horarios que el usuario lo requiera.
- **Protecciones térmicas exteriores:** Corresponden a elementos que se instalan por el exterior de la edificación, cuya función es controlar la pérdida de calor en períodos fríos. Algunos ejemplos corresponden a persianas o postigos de madera o térmicos que contienen aislación.
- **Fachadas ventiladas opacas:** Corresponden a fachadas opacas que cuentan con elementos separados de la superficie exterior, cuyo fin es proteger de la radiación directa a las fachadas (principalmente oriente y poniente), reduciendo las cargas de refrigeración a la vivienda o edificación. Por otro lado, pueden ser de gran utilidad para climas fríos y ventosos, ya que protegen la envolvente, reduciendo las pérdidas térmicas por convección de la edificación.
- **Protecciones solares exteriores:** Corresponden a elementos que se instalan por el exterior de la edificación, cuya función es controlar el ingreso de radiación solar no deseada, evitando el sobrecalentamiento de los recintos interiores. Estas protecciones pueden ser vegetales, móviles o fijas y pueden ser instaladas en forma horizontal o vertical, según la orientación de las ventanas. Se muestran algunos ejemplos a continuación:

### a. Ejemplos de protecciones solares vegetales

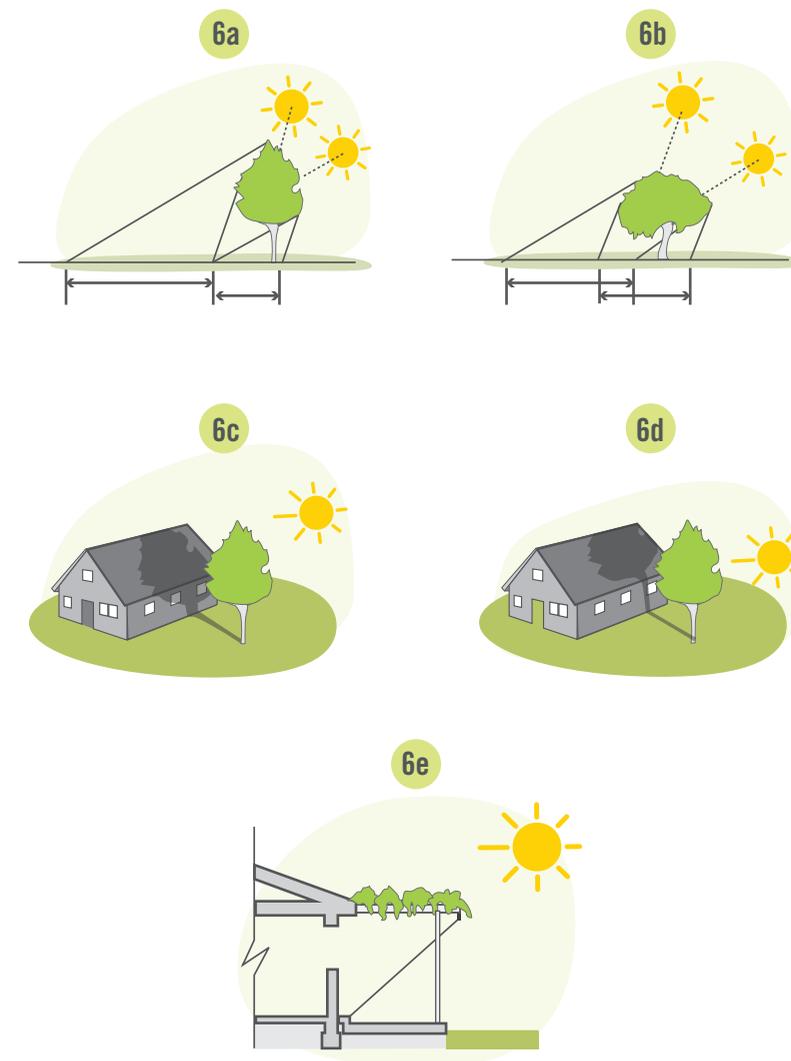


Ilustración N° 6

Ilustración N°6:  
6a, 6b, 6c, 6d y 6e. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte. Dibujos esquemáticos. La efectividad de todo sistema de protección solar depende de la latitud del lugar, junto con otros factores como los obstáculos del entorno, incluyendo la geografía.  
Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social (Bustamante, 2009).

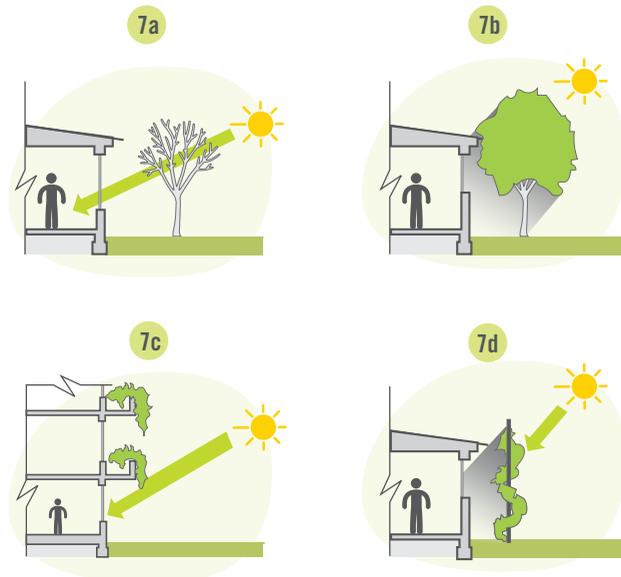


Ilustración N° 7

### b. Ejemplos de protecciones solares horizontales para orientación norte:

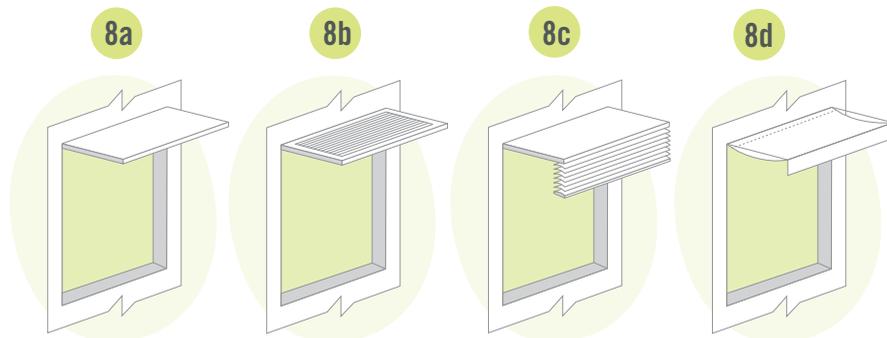


Ilustración N° 8

Ilustración N°7:

7a, 7b, 7c y 7d. Protección solar vertical para orientación oriente y poniente de ventanas con uso de vegetación. El árbol es de hoja caduca de modo que es de alta permeabilidad a la radiación solar en invierno.

Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social (Bustamante, 2009).

Ilustración N°8:

8a Alero horizontal; 8b Alero persiana horizontal; 8c Alero de persiana horizontal en plano vertical; 8d Toldo.

### c. Ejemplos de protecciones solares verticales para orientaciones oriente y poniente:

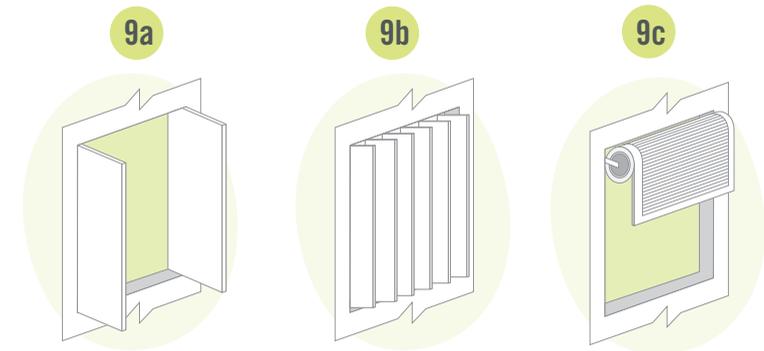


Ilustración N° 9

## REFERENCIAS

- Serviu, 2015. Resolución 1005, 2015, Itemizado técnico de construcción regional para programa fondo solidario de elección de vivienda. Región de Valparaíso, Chile.
- USGBC, 2013. LEED v4 for Homes Design and Construction, Energy and Atmosphere Credit: Building Orientation for Passive Solar.

Ilustración N°9:

9a Alero vertical o postigos; 9b Celosías verticales; 9c Alero vertical o postigos.

## 2.2.2 ENVOLVENTE OPACA EFICIENTE

### OBJETIVO

Reducir el consumo energético en enfriamiento y calefacción y mejorar el confort térmico de las viviendas a través de altos estándares de aislación e inercia térmica, logrando una envolvente que responda a las exigencias climáticas del entorno.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Indicador de transmitancia térmica:

- Cumplir con las transmitancias descritas en la Tabla 2.8 para los diferentes elementos de la envolvente, en las distintas zonas térmicas de Chile. En zonas especiales (tales como ciudades incluidas en los Planes de Descontaminación Atmosférica), donde la exigencia local sea igual o mayor que la del presente requerimiento, se deberá cumplir con valores máximos de transmitancia térmica correspondientes a la exigencia local menos un 10%.

##### b. Indicador de masa térmica:

- Respetar el estándar mínimo de masa térmica indicado en la Tabla 2.9 con el fin de velar por un óptimo desempeño energético de la vivienda.

##### c. Puentes térmicos:

- Se deberán identificar puentes térmicos, y verificar que estos no posean una transmitancia térmica mayor al doble del elemento al que pertenecen.

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

#### ETAPA DE OPERACIÓN:

##### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño enfocados a que la vivienda conserve la calidad térmica de la envolvente.

### METODOLOGÍA

#### ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Indicador de transmitancia térmica (U):

- Se deberá utilizar alguno de los siguientes métodos:
  - i) Certificado de ensayo de la solución constructiva, emitido por un laboratorio nacional o internacional.
  - ii) Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Minvu.
  - iii) Según NCh 853-2007, cálculo de transmitancia térmica para elementos homogéneos y cálculo de transmitancia térmica media para elementos con heterogeneidades simples y complejas.

TABLA 2.7: VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA U [W/(m²K)] Y RESISTENCIA TÉRMICA (R100)

ZONA TÉRMICA <sup>2</sup>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Techos	0,84	0,47	0,47	0,38	0,33	0,28	0,28	0,25	0,25
Muros	2,10	0,80	0,80	0,80	0,60	0,45	0,40	0,30	0,35
Pisos ventilados	3,60	0,70	0,87	0,70	0,60	0,50	0,39	0,32	0,32
Pisos sobre terreno -R100 [(m²K)/W]*100	---	45	45	45	45	91	91	91	91
Puertas	---	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Fuente: Propuesta de actualización de la reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la OGUC. (Bustamante, 2016).

2 La zonificación térmica se encuentra descrita en Anexo 2.1.

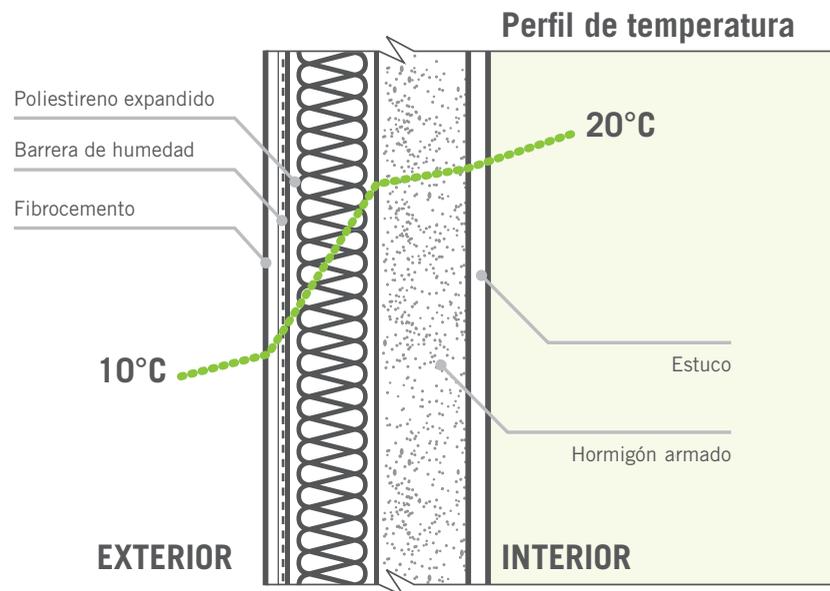


Ilustración N° 10

- Se deberá entregar un informe con que identifique los elementos constructivos y sus correspondientes transmitancias haciendo referencia a certificado de ensayo, listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico, o memoria de cálculo según NCh 853-2007.

- Para conocer que zona térmica corresponde al emplazamiento del proyecto, deberá consultar el Anexo 2.1.

- Valores de resistencia superficial y de cámaras de aire, deberán ser consultados de la NCh 853-2007. Las conductividades térmicas pueden ser consultadas en el Anexo 2.2.

#### b. Indicador de Masa Térmica:

- La forma de obtener el indicador de Masa Térmica es a través de la capacidad calorífica del o los elementos. Este cálculo debe considerar la sumatoria de todas las capas del elemento, partiendo de la superficie que está en contacto con el aire interior de la edificación y terminando bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- Si el total de espesor de las capas excede los 100 mm.
- Si se alcanza el punto medio de la construcción.
- Si se alcanza una capa de aislación (definida con conductividad  $\leq$  a 0,08 W/mK. Es importante considerar este punto a la hora de determinar los elementos constructivos, debido que la aislación interior, anula los beneficios de la estabilización térmica que producen los materiales de alta capacidad calorífica.

- Se deberá calcular la capacidad calorífica de la solución constructiva a partir de la siguiente ecuación:

**ECUACIÓN 2.1: PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD CALORÍFICA:**

$$X = \sum(P_i * C_i * D_i) / 1000$$

**Donde:**

**X** : capacidad calórica del elemento constructivo

**$\rho_i$**  : densidad del material de la capa i del elemento constructivo [kg/m<sup>3</sup>]

**$c_i$**  : calor específico del material de la capa i del elemento constructivo [J/kg\*K]

**$d_i$**  : espesor de la capa i del elemento constructivo [m]

- Los valores de calor específico y densidad de materiales se podrán obtener de las Tablas del Anexo 2.2.

**TABLA 2.8: VALORES PARA PARÁMETROS DE MASA TÉRMICA (PMT).**

ÍNDICE DE MASA TÉRMICA		CAPACIDAD CALORÍFICA (kJ/m <sup>2</sup> *K)
L	Liviano	<70
M	Mediano	70 - 200
P	Pesado	>200

Fuente: Elaboración propia, basada en " Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas" (Bustamante, 2015).

Ilustración N° 10:  
Efecto térmico de la aislación por el exterior del muro.

**TABLA 2.9: EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y SU ÍNDICE DE MASA TÉRMICA.**

ÍNDICE DE MASA TÉRMICA		SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE MUROS
L	Liviano	Tabiquería en madera o perfilería metálica
M	Mediano	Albañilería de ladrillo de 140 mm de espesor
P	Pesado	Muros de hormigón armado de 200mm de espesor

Fuente: Elaboración propia, basada en "Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas" (Bustamante, 2015).

- Una vez que se obtenga la capacidad calorífica, se verificará su Índice de Masa Térmica según la información de la Tabla 2.9.

**TABLA 2.10: MASA TÉRMICA MÍNIMA NECESARIA POR ZONA TÉRMICA.**

ZONA TÉRMICA	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Índice mínimo de masa térmica	L	M	L	M	L	L	L	P	L

Fuente: Elaboración propia, basada en "Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas" (Bustamante, 2015).

- La tabla 2.10 establece los niveles mínimos de masa térmica requeridos por cada zona térmica.
- Una vez verificado el Índice de Masa Térmica, se verificará si cumple con el índice solicitado para la zona térmica correspondiente.
  - Se deberá entregar un informe con los cálculos de Índice de Masa Térmica de los diferentes elementos.

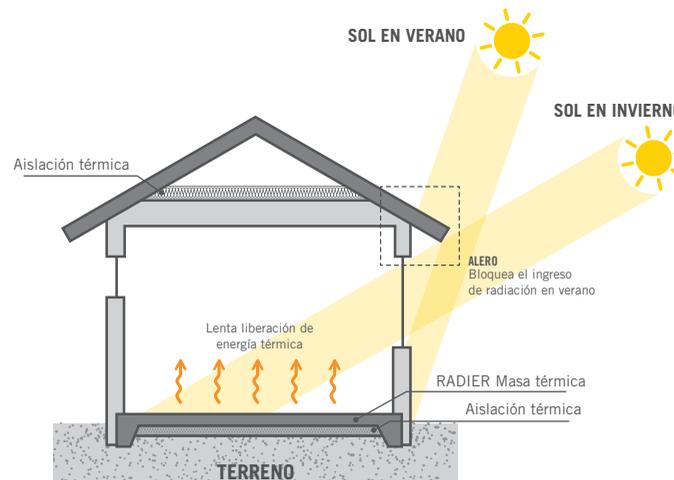


Ilustración N° 11

**c. Puentes térmicos:**

- Para el cálculo se deberán seguir los procedimientos indicados en la norma NCh 3136:2014 que se indica en referencia.
- Posterior a la identificación y cálculo de los puentes térmicos, se deberá verificar que estos posean una transmitancia térmica mayor al doble del elemento al que pertenecen. Para cumplir con este requerimiento, se deberá suministrar un informe de cálculo que denote de manera clara, las soluciones de aislación empleadas y sus respectivos valores de transmitancia.

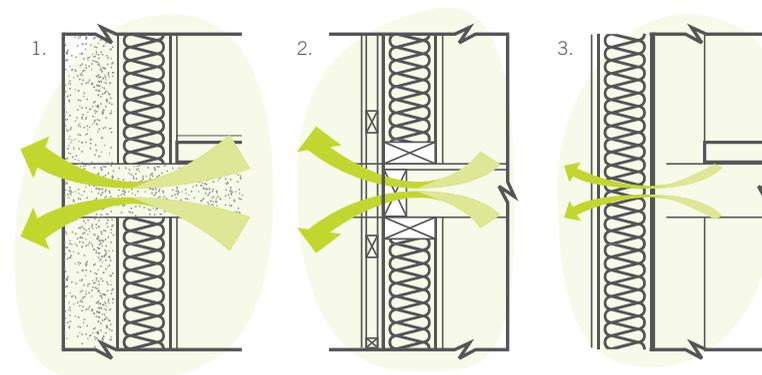


Ilustración N° 12  
Presenta de manera esquemática, tres cortes representativos de un encuentro losa y muro. El tamaño de las flechas determina la magnitud del flujo térmico a modo ilustrativo.

Ilustración N°11:  
Efecto de inercia térmica, provocado según niveles o índices de masa térmica.

Ilustración N°12:  
1. Aislación interior muro, pérdidas considerables.  
2. Aislación exterior tabique, pérdidas débiles.  
3. Aislación exterior, pérdidas despreciables.

- Completar el Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento de lo requerido en etapa de diseño.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar la calidad de la construcción en cuanto a lo requerido en etapa de diseño.
- Llevar a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en el requerimiento con respecto de la calidad de construcción y montaje de los materiales que velen por un buen comportamiento térmico, específicamente instalación de aislación térmica, calidad de masa térmica, terminaciones en puentes térmicos (revisar detalle checklist N° 2b). Esta deberá contar con fotografías de las partidas correspondientes y las fechas en las que fueron tomadas. La Bitácora deberá ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras. El fin de la bitácora es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para el cumplimiento de los estándares constructivos.

## ETAPA DE OPERACIÓN:

### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C, para verificar que la calidad de la construcción, en cuanto a los indicadores del presente requerimiento, se mantienen en las mismas condiciones que cuando fue recepcionada la obra.
- Contar con Plan de Mantenimiento y Operación en base a la estructura propuesta en el Anexo 5.4 de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.
- Verificar que los residentes cuentan con el Manual de Usuario de la Vivienda, según estructura propuesta en numeral 1.3.1 de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este deberá ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes documentos para los siguientes requerimientos:

### • Documento requerido para todos los requerimientos de diseño:

- Especificaciones Técnicas de la envolvente con sus valores de transmitancia y capacidad calorífica.

#### a. Indicador de aislación térmica:

- Informe de cálculo de transmitancias térmicas de toda la envolvente, basado en la metodología NCh 853-2007, cálculo de transmitancia térmica para elementos homogéneos y cálculo de transmitancia térmica media para elementos con heterogeneidades simples y complejas. El informe debe contar con la firma del profesional responsable.

#### b. Indicador de masa térmica:

- Informe de cálculo de masa térmica, que debe contar con la firma del profesional responsable.

#### c. Puentes térmicos:

- Informe de cálculo de transmitancias térmicas de los puentes térmicos de toda la envolvente, según metodología NCh3136-2014, que debe contar con la firma del profesional responsable.
- Detalles constructivos escala máxima 1:20, donde se destaquen los elementos aislantes o técnicas de construcción empleadas para solucionar los problemas de puentes térmicos

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante.
- Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento). Este documento debe ir validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist 2C, para verificar al año de operación, que la vivienda ha conservado



las características térmicas con las que fue recepcionada, incluso en caso que la vivienda haya sufrido modificaciones. Adicionalmente, se deberá contar con los siguientes documentos:

- Incorporar control sobre mantención periódica del envolvente eficiente en el Plan de Mantención y Operación, según se indica en metodología.
- Verificación de que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología.

## NOTAS

### Clasificación de puentes térmicos (fuente: Manual de Diseño pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos)

- Puentes térmicos puntuales: se presentan en zonas puntuales, por ejemplo, en la intersección de tres cerramientos formando un vértice de la envolvente exterior.
- Puentes térmicos lineales: se manifiestan a lo largo de una determinada longitud, por ejemplo, entre la intersección de dos cerramientos verticales exteriores que forman una esquina.
- Puentes térmicos por geometría: se manifiestan en aquellas zonas donde hay un cambio de dirección de la envolvente sin que ésta presente cambios de materialidad.
- Puentes térmicos constructivos: se manifiestan en aquellas zonas con o sin cambio de dirección de la envolvente, donde se encuentran materialidades con diferentes resistencias térmicas.
- La Zonificación Térmica se muestra en el Anexo 2.1, y está basada en prNCh 1079:2016 Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- La reglamentación térmica vigente a la fecha de esta publicación, corresponde a la publicada el año 2007 y se encuentra en el Artículo 4.1.10 de la OGUC. Sin embargo, se estima que se publicará en el mediano plazo la tercera actualización de esta reglamentación. En el presente documento se presentan los valores de transmitancia térmica propuestos por la reglamentación mencionada anteriormente.

## DEFINICIONES

- **Envolvente térmica:** Elementos perimetrales de las edificaciones que las separan del ambiente exterior (aire, terreno, agua), de un espacio contiguo abierto o un espacio no acondicionado.
- **Puentes térmicos:** Parte de la envolvente térmica de la edificación, en que la resistencia térmica uniforme es drásticamente modificada por:
  - a) Penetración total o parcial de la envolvente térmica del edificio por materiales con una conductividad térmica distinta, como elementos estructurales o tuberías de las instalaciones; y/o
  - b) Una diferencia entre las áreas interna y externa, como la que ocurre en las conexiones de muros/pisos/techos y los elementos que conforman los vanos de la edificación.
- **Resistencia térmica total:** Inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa especial del elemento. Se expresa en  $(m^2 \cdot K)/W$ .
- **Transmitancia térmica, U:** Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en  $[W/(m^2 \cdot K)]$ .
- **Inercia térmica:** Capacidad que tiene la propiedad de los cuerpos de almacenar y conservar la energía térmica recibida, e ir liberándola progresivamente. Esta capacidad depende de la masa, densidad y calor específico del material (IECA, 2016).
- **Parámetro de Masa Térmica (PMT):** Suma de la capacidad calorífica del área de todos los elementos de la envolvente, dividida por el área total de piso. Este valor tiene un impacto en los cálculos de calefacción y refrigeración (BRE, 2014).

## REFERENCIAS

- BRE, 2014. The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings. SAP 2012 versión 9.92, DECC, UK.
- Bustamante, 2015. Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile
- IECA, 2016. ¿Qué es la Inercia Térmica? Instituto Español de Cemento y sus aplicaciones. Disponible en: <https://goo.gl/uL1jso>. Consultado el 31.07.2017.
- INN, 2014. NCh 853:2014: Componentes y elementos para la edificación - Resistencia térmica y transmitancia térmica - Método de cálculo.



- INN, 2008. NCh 3136:2014 - Puentes térmicos en construcción de edificios - Flujos de calor y temperaturas superficiales - Cálculos detallados. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2008. NCh 3137\_1:2008: Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 1 Generalidades. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2008. NCh 3137\_2:2008: Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para marcos. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2008. NCh 3117/2008: Comportamiento térmico de edificios – transmisión de calor por el terreno – Métodos de cálculo. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- ISO, 2008. Norma ISO 13.790:2008. Cálculo del consumo de energía para la calefacción y enfriamiento de espacios.
- Muñoz, C.; Bobadilla, A., 2012. Simulación y evaluación de puentes térmicos: Soluciones constructivas típicas aprobadas por la Norma Térmica para elementos verticales en estructura de madera y metálicos en la Zona 4. Simulaciones con Therm y Usai y evaluación con Método de Cámara Térmica. Revista de la Construcción vol.11 N° 2. Santiago de Chile.
- Instituto de la Construcción, 2012. Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Santiago de Chile.

## 2.2.3 ENVOLVENTE TRANSPARENTE EFICIENTE

### OBJETIVO

Reducir el consumo energético en enfriamiento y calefacción; y mejorar el confort térmico de las viviendas, a través de altos estándares de aislación, captación y protección solar de la envolvente transparente, logrando que responda a las exigencias climáticas del entorno.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Transmitancia térmica (U):

- Cumplir como mínimo con los valores indicados en la Tabla 2.12 sobre transmitancia térmica para envolvente transparente.

##### b. Porcentaje de ventanas:

- Cumplir con los valores de la Tabla 2.13 Porcentaje máximo de superficie vidriada por orientación según transmitancia y zona térmica correspondiente.

##### c. Sombreamiento:

- Cumplir con los requerimientos de sombreadimiento según se indican en requerimiento “c” del numeral 2.2.1 Asoleamiento.

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, enfocado en que la vivienda conserve la calidad térmica de la envolvente transparente.



## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Transmitancia térmica (U):

Para determinar los valores de transmitancia térmica (U) de la envolvente transparente, se podrá utilizar alguno de los siguientes métodos:

- Certificado de ensayo de la solución constructiva, emitido por un laboratorio nacional o internacional.
- Cálculo según normas que se indican en la referencia.
- Fichas técnicas suministradas por el fabricante, en donde se especifique como mínimo, el valor de transmitancia térmica en  $W/m^2 \cdot K$ , espesor de cristales y gas contenido en la cámara.

TABLA 2.11: VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA PARA ENVOLVENTE TRANSPARENTE, SEGÚN ZONAS TÉRMICAS

ZONA TÉRMICA	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Valores-U [W/(m <sup>2</sup> K)]	5.8	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0	2.4	2.4	2.4

Fuente: Propuesta de actualización de la reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C. 2016 desarrollado por MINVU.

- Las zonas térmicas están detalladas en el Anexo 2.1 de la presente Categoría.

#### b. Porcentaje de ventanas:

TABLA 2.12: PORCENTAJE MÁXIMO DE SUPERFICIE VIDRIADA POR ORIENTACIÓN, SEGÚN TRANSMITANCIA Y ZONA TÉRMICA CORRESPONDIENTE

ZONA TÉRMICA	N	S	E-O	TRANSMITANCIA (U W/m <sup>2</sup> K)
A	50%	40%	30%	5,8
B	60%	60%	40%	3,6
C	50%	50%	40%	3,6
D	50%	40%	30%	3,6
E	50%	40%	30%	3,0
F	50%	35%	25%	3,0
G	40%	30%	15%	2,4
H	30%	10%	10%	2,4
I	30%	10%	10%	2,4

Fuente: Elaboración propia a partir de: Propuesta de actualización de la reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C. y Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas, ambos desarrollados por MINVU.

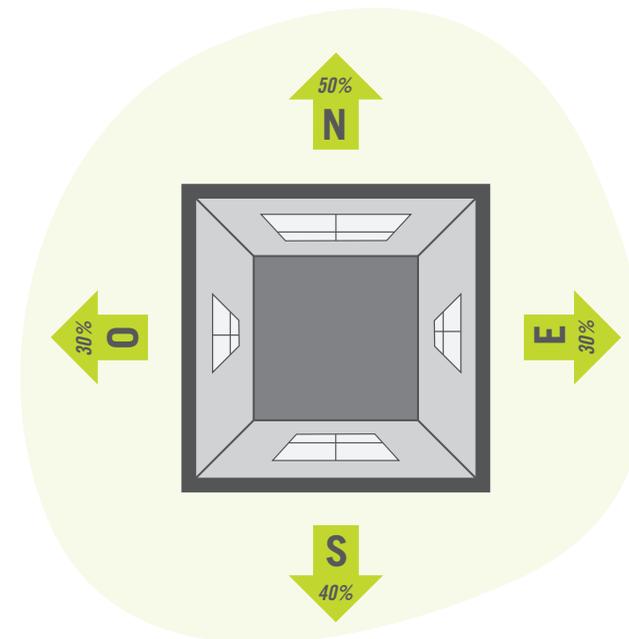


Ilustración N° 13

- Para determinar de manera correcta, a que orientación pertenece cada fachada, se deberá utilizar la Herramienta de la ilustración N° 5.
- La Tabla 2.13 establece porcentajes de superficies vidriadas por orientación que responden a un óptimo para el control de temperaturas internas, tanto para períodos de calefacción como de enfriamiento. Estas superficies no consideran sombreado y han sido determinadas en base a las transmitancias indicadas en la Tabla 2.12.

Para aumento de superficie vidriada se deben tener las siguientes consideraciones:

- **De la zona B a la I:** aumentar exigencia transmitancia térmica de las superficies vidriadas y opacas, si es necesario, para control de pérdidas térmicas en períodos fríos. Se deberá asegurar el cumplimiento del requerimiento “a” del numeral 2.1.1 de la presente Categoría.
- **De la zona A a la F:** incorporar elementos que den sombra por el exterior a las superficies vidriadas, tal como se indica en numeral 2.2.1 Asoleamiento, de la presente Categoría. Se deberá asegurar el cumplimiento del requerimiento “a” del numeral 2.1.1 de la presente Categoría.

Ilustración N°13:  
Ejemplo porcentaje de ventanas por orientación Zona A.

- Se deberán desarrollar planos de plantas y elevaciones con cuadros de superficies de ventanas por orientación. Se deberá indicar la transmitancia térmica de las ventanas y el detalle de los elementos que den sombra a las mismas.

#### • Superficies vidriadas en las cubiertas

En caso de que la vivienda contenga acristalamiento en techos (inclinación <math><60^\circ</math> con respecto de la horizontal) se deberá considerar una superficie transparente (excluyendo marcos) máxima de un 2% del total de cubiertas. Además, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Orientación: Entre la zona térmica A a la F, se deberá impedir el acceso de la radiación directa, instalando lucernarios en cubiertas de inclinación entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$  con respecto de la horizontal, cuya orientación sea sur (consultar ilustración N°5). De lo contrario, se deberá instalar una protección solar exterior que asegure sombreado total del lucernario a mediodía solar del solsticio de verano.
- Aislación térmica: La transmitancia térmica de los elementos vidriados deberá ser igual a la indicada en la Tabla 2.12 del presente numeral.

#### c. Sombreamiento

- Según metodología del requerimiento “c” del numeral 2.2.1 Asoleamiento.

#### Documentos que se requerirán para los requerimientos a, b y c:

- Se debe desarrollar un informe con los cálculos de transmitancia de elementos vidriados y porcentajes de superficies vidriadas por orientación y/o en cubierta.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar que la calidad de la construcción en cuanto a lo requerido en la etapa de diseño.
- Llevar a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo solicitado en el requerimiento, con relación a la calidad del montaje de los elementos vidriados, características técnicas de las ventanas y porcentaje de ventanas por orientación y elementos que permitan sombreado. La Bitácora deberá contar con fotografías de las partidas correspondientes y fechas en las que fueron tomadas. Esta deberá ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante, en el libro de obras. El fin de la bitácora es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para cumplimiento de los estándares constructivos.

- Completar el Checklist N° 2B, de verificación general de cumplimiento del requerimiento.

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C para verificar que la calidad de la construcción, en cuanto a lo requerido en el presente requerimiento, se mantiene en las mismas condiciones que cuando fue recepcionada la obra.
- Contar con Plan de Mantenimiento y Operación en base a la estructura propuesta en el Anexo 5.4 de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.
- Verificar que los residentes cuentan con el Manual de Usuario de la Vivienda, según estructura propuesta en numeral 1.3.1 de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento, este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes documentos para los siguientes requerimientos:

#### • Documentos que se requieren para todas los requerimientos de diseño:

- Especificaciones Técnicas de los elementos vidriados, indicando sus valores de transmitancia y detallando sistemas de cierre.
- Informe con los cálculos de transmitancia de elementos vidriados y porcentajes de superficies vidriadas por orientación y/o en cubierta.

#### a. Transmitancia térmica (U):

- Informe con los cálculos de transmitancia de elementos vidriados.

#### b. Porcentaje de ventanas

- Planos de planta y elevación indicando porcentajes de ventanas por orientación.
- Planos de ventanas indicando número y tipo de elemento vidriado y características técnicas de las ventanas, tales como: tipo de marco, tipo de vidrio, transmitancia térmica.



**c. Sombreamiento**

- Cumplir con requerimiento “c” del numeral 2.2.1 “Asoleamiento”.

**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante.
- Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita. Este documento deberá ir validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

**EN ETAPA DE OPERACIÓN:****e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño**

- Checklist N° 2C, para verificar al año de operación el cumplimiento de la directriz, con el fin de revisar que la vivienda ha conservado las características térmicas de los elementos vidriados con que fue recepcionada, incluso en caso que la vivienda haya sufrido modificaciones, se deberá contar con los siguientes documentos:
  - Incorporar control sobre mantención periódica del envolvente eficiente en el Plan de Mantención y Operación, según se indica en metodología.
  - Verificar que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología.

**CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL**

- A la fecha de la presente publicación el artículo 4.1.10 de la OGUC establece un porcentaje máximo de superficies vidriadas por zona térmica referido a una transmitancia térmica, no por elevación sino por un global de los elementos verticales de la envolvente. En el presente numeral, se presentan los valores de transmitancia térmica más exigentes, que se basan en los estudios de actualización de la reglamentación térmica y además se proponen superficies de ventanas.

**DEFINICIONES**

- **Transmitancia térmica (U):** Flujo de calor que pasa a través de una unidad de superficie del elemento (química) y por una gradiente de temperatura entre los ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en W/m²K.

**REFERENCIAS**

- Bustamante, 2013. Propuesta de actualización de la reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la OGUC. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile.
- Bustamante, 2015. Estudio sobre rangos de confort térmico y riesgo de sobrecalentamiento en el contexto de la aplicación de nuevos estándares de desempeño térmico en viviendas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile.
- INN, 2008. NCh 3137\_1:2008: Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 1 Generalidades.
- INN, 2008. NCh 3137\_2:2008: Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para marcos.
- INN, 2008. NCh 3117/2008: Comportamiento térmico de edificios – transmisión de calor por el terreno – Métodos de cálculo.
- Minvu, 2015. Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile.



## 2.2.4 INFILTRACIONES

### OBJETIVO

Minimizar filtraciones de aire no controlado a través de rendijas, mediante de un estándar aceptable de hermeticidad en las construcciones de la vivienda. De esta manera, es posible minimizar el consumo de energía para calefacción en periodos fríos.

### REQUERIMIENTOS

Para cumplir con el estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Hermeticidad desde el diseño:

- Especificar medidas de diseño que reduzcan las pérdidas energéticas por infiltración y que aseguren el cumplimiento de los requerimientos del requerimiento “b” del presente numeral. Refiérase a la metodología para mayor información.

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### b. Verificación de clase de infiltración:

- La envolvente térmica de las edificaciones de uso residencial, excluyendo los complejos de puerta y ventana, deberá tener una clase de infiltración de aire, a una presión diferencial de 50 Pa, igual o menor a la clase de infiltración señalada en la la Tabla 2.14 para la provincia que le corresponda al proyecto de arquitectura.
- Los complejos de ventana y puerta de las edificaciones de uso residencia, deberán tener un grado de estanqueidad al aire, a una presión diferencial de 100 Pa, igual o mayor al señalado en la la Tabla 2.15 para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica contenidos en el Anexo 2.1 del presente documento.

##### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, enfocados a que la vivienda conserve la calidad térmica de la envolvente.

## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Hermeticidad desde el diseño:

- Desarrollar planos de detalles de hermeticidad de los diferentes elementos que componen la envolvente de la unidad de vivienda, tales como:
  - a. Medidas para el sellado de ventanas
  - b. Medidas para el sellado de puertas
  - c. Medidas para el sellado entre muros perimetrales y cielos
  - d. Medidas para el sellado entre muros perimetrales y techos
  - e. Medidas para el sellado entre muros perimetrales y pisos
  - f. Medidas para el sellado entre muros perimetrales

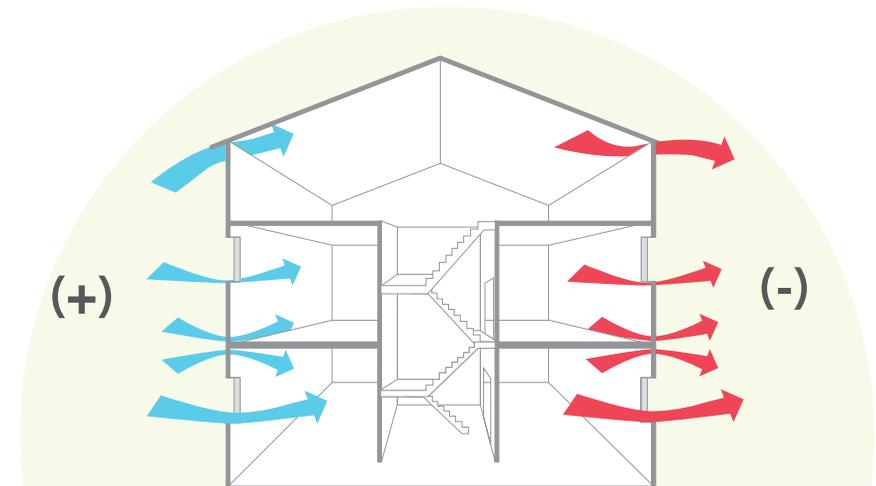


Ilustración N° 14

Ilustración N°14:  
Esquema de infiltración producida por el viento y responde además a fenómenos de diferencia de presión y temperatura.

- Para cumplir con las medidas de hermeticidad mencionadas, se deberán consultar las soluciones constructivas propuestas en el documento "Manual de Hermeticidad al Aire", indicado en la referencia de la presente Variable.
- Completar el Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento de lo requerido en etapa de diseño.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### b. Verificar clase de infiltración:

- Se deberá verificar el cumplimiento de clase de infiltración según se indica en la Tabla 2.13, mediante el test de hermeticidad, denominado Blower Door, el cual deberá realizarse según la norma: Aislación térmica - Determinación de la permeabilidad del aire en edificios - Método de presurización por medio del ventilador (Norma basada en ASTM E779-10).

**TABLA 2.13: CLASE DE INFILTRACIÓN AL AIRE MÁXIMA PERMITIDA PARA LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LAS EDIFICACIONES, EXCLUYENDO DE ESTA LOS COMPLEJOS DE PUERTA Y VENTANA**

PROVINCIA	CLASE DE INFILTRACIÓN AL AIRE	
	50PA	ACH
Arica, Iquique, Tocopilla, Chañaral, Isla de Pascua	---	
Parinacota, Tamarugal, El Loa, Coyhaique, Aysén, General Carrera, Capitán Prat, Última Esperanza, Magallanes, Tierra del Fuego, Antártica.	4,00	
Copiapó, Los Andes, Talca, Concepción, Arauco, Cautín, Valdivia, Ranco, Osorno, Llanquihue, Palena, Chiloé.	5,00	
Limarí, Valparaíso, Santiago, Cordillera, Maipo, Melipilla, Talagante, Cachapoal, Cardenal Caro, Colchagua.	8,00	
Elqui, Choapa, Quillota, San Felipe de Aconcagua, San Antonio, Marga Marga, Chacabuco, Curicó, Linares, Cauquenes, Ñuble, Biobío.	8,00	
Antofagasta, Huasco, Petorca.	---	

Fuente: Estudio de Actualización Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Bustamante, 2016.

- Para verificación de cumplimiento de los requerimientos para puertas y ventanas, referirse a la Tabla 2.14.

**TABLA 2.14: GRADO DE ESTANQUEIDAD AL AIRE MÍNIMA PARA COMPLEJOS DE PUERTA Y VENTANA**

ZONA TÉRMICA	GRADO DE ESTANQUEIDAD	
	100 PA	M3/H M <sup>2</sup>
A	---	
B	30	
C	30	
D	10	
E	10	
F	10	
G	7	
H	7	
I	7	

Fuente: Estudio de Actualización Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Bustamante, 2016.

- Los grados de estanqueidad señalados en la Tabla se encuentran definidos en la norma chilena INN NCh888, como se señala a continuación:
  - **Estanqueidad grado 30 a (normal):** En cualquier tipo de ventana o puerta, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 30 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>) de superficie de hoja practicable, para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa (ver NCh446).
  - **Estanqueidad grado 10 a (especial):** En cualquier tipo de ventana o puerta, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 10 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>) de superficie de hoja practicable, para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa (ver NCh446).
  - **Estanqueidad grado 7 a (reforzado):** En cualquier tipo de ventana o puerta, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 7 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>) de superficie de hoja practicable.

- Se deberá entregar un ensayo de laboratorio o ficha técnica válida por un tercer, que documente la estanquidad de puertas y ventanas, según norma NCh 3297:2013.
- Desarrollar Especificaciones Técnicas de las medidas de sellados propuestas.
- Fichas técnicas de elementos que cuenten con información sobre hermeticidad y que sirvan de respaldo para validar lo señalado en los planos y en las Especificaciones Técnicas.
- Verificar por medio del Checklist N° 2A, el cumplimiento de este requerimiento y que se cuente con los documentos señalados en evidencia requerida.

#### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante; debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita, que muestren la correcta instalación de las medidas de sellado de ventanas, puertas y muros. Este documento debe ir validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia del certificado del test de hermeticidad, denominado Blower Door.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar, al año de operación, el cumplimiento de el requerimiento y confirmar si la vivienda ha conservado las características de hermeticidad con las que fue recepcionada, incluso en caso que la vivienda haya sufrido modificaciones.
- Contar con Plan de Mantenimiento y Operación en base a la estructura propuesta en el Anexo 5.4 de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.
- Verificar que los residentes cuenten con el Manual de Usuario de la Vivienda, según estructura propuesta en numeral 1.3.1 de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Hermeticidad desde el diseño:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes documentos:
  - Especificaciones Técnicas de las medidas de sellado de ventanas, puertas y muros de tabiquería.
  - Plano de detalles de las medidas de sellados de ventanas, puertas y muros.
  - Fichas técnicas de productos o elementos que cuenten con información de utilidad para el control de hermeticidad.
  - Cuando esté disponible, para este producto, presentar un “Etiquetado energético y de hermeticidad de ventanas y puertas”.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### b. Verificar clase de infiltración:

#### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6. del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita. Este documento debe ir validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia del certificado del test de hermeticidad, denominado Blower Door.
  - Ensayo de laboratorio o ficha técnica validada por un tercero, que documente la estanquidad de puertas y ventanas, según Norma NCh 3297:2013.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.



## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar al año de operación el cumplimiento del requerimiento, en cuanto a verificar que la vivienda ha conservado las características de hermeticidad con las que fue recepcionada, incluso en caso que la vivienda haya sufrido modificaciones, contar con los siguientes documentos:
  - Incorporar control sobre mantención periódica de la envolvente eficiente en el Plan de Mantención y Operación, según se indica en metodología.
  - Verificación de que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología.

## NOTAS

- No aplica.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- A la fecha de publicación del presente documento, no se cuenta con reglamentos que regulen la hermeticidad de las edificaciones en Chile. Los valores presentados en el presente numeral se basan en el estudio de actualización de la reglamentación térmica.

## DEFINICIONES

- **Test Blower door:** Es un ensayo sobre hermeticidad o estanqueidad del edificio, utilizado para determinar el nivel de permeabilidad de la envolvente. Este test es realizado mediante un potente ventilador, acoplado generalmente a la puerta principal de la vivienda o edificio, la cual es reemplazada por un sello hermético. El método consiste en presurizar o despresurizar el edificio, siendo la segunda el método más común. De esta manera, se genera un diferencial de presión entre el interior y el exterior para luego construir una gráfica de diferencial de presión (Pa) vs. caudal de infiltración (m<sup>3</sup>/h). Así, es factible determinar la hermeticidad de la edificación en estudio (Melgosa, 2012). Para este método de verificación, se consideran las renovaciones de aire por hora que se obtienen como resultado de someter la edificación a un diferencial de presión de 50 Pa (Citec, 2014).

## REFERENCIAS

- Citec, 2014, Manual de hermeticidad al aire de edificaciones. Universidad del Bío-Bío, Concepción - Chile.
- INN, 2013. NCh 3294:2013 Materiales de construcción - Determinación de la permeabilidad al aire de los materiales - Método de ensayo.
- INN, 2013. NCh 3295:2013. Aislación térmica - Determinación de la permeabilidad del aire en edificios - Método de presurización por medio del ventilador. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2013. NCh 3296:2013. Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire - Clasificación. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2013. NCh 3297:2013. Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire - Método. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2001. NCh892 Of.2001. Arquitectura y Construcción. Ensayo de estanqueidad al aire. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- INN, 2000. NCh 890. Arquitectura y Construcción. Ventanas. Ensayos de resistencia al viento. Instituto Nacional de Normalización. Chile
- Melgosa, 2012. Ensayo de hermeticidad (Blower Door). Disponible en: <http://www.ebuilding.es/data/archivo/Presentacion-Test-Blower-Door.pdf>. Consultado el 29.07.2016.



## 2.3 EQUIPOS Y ARTEFACTOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

### 2.3.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

#### OBJETIVO

Asegurar que los sistemas de calefacción y enfriamiento de espacios, junto con los de generación de agua caliente sanitaria, estén dimensionados adecuadamente en función de las características de la vivienda y sean energéticamente eficientes en su operación.

#### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

##### EN ETAPA DE DISEÑO:

###### a. Demanda energética en calefacción:

- Si es que, una vez evaluado el proyecto, se obtiene que la unidad vivienda demanda menos de 10 kWh/m<sup>2</sup>\*año se puede considerar como pasiva desde la perspectiva de calefacción, por lo que no requerirá de este sistema.
- En caso que se requiera sistema de calefacción, el promedio de demanda de calefacción anual por m<sup>2</sup> debe ser menor a lo indicado en la Tabla 2.1 de el requerimiento “a” del numeral 2.1.1 Desempeño Energéticamente Eficiente, de la presente Categoría.

###### b. Consumo de energía para sistemas de agua caliente sanitaria (ACS):

- Se deberá lograr una reducción de un 5% en el consumo de energía para calentamiento de ACS, por medio de equipos de generación eficientes y/o hábitos de operación.
- En caso de utilización de energía solar térmica, se deberá lograr una reducción de consumo según lo establecido en la Tabla 2.16.

###### c. Especificación de sistemas de calefacción/ACS centralizados:

- En caso que la vivienda cuente con sistema de calefacción/ACS centralizados,

asegurar que cuenten con un sistema de calefacción integrado, evitando la contaminación intradomiliaria.

- Las eficiencias nominales de los sistemas de calefacción o ACS deberán ser iguales o mayores a las indicadas en las Tablas 2.17 y 2.18, respectivamente.
- En el caso de los sistemas de calefacción que además puedan operar en modo frío, deberán cumplir con los rendimientos mínimos establecidos en la Tabla 2.24.
- La aislación de cañerías, ductos, estanques y losas radiantes deberá ser igual o mayor a las indicadas a las Tablas 2.19 y 2.24 de la presente metodología.
- En sistemas de generación de ACS centralizados, en los cuales se abastezca a más de un servicio, se deberá dimensionar el consumo de hora punta como un 50% del consumo medio diario. Las energías disponibles en los volúmenes de acumulación más la potencia del intercambiador de calor deben ser capaces de satisfacer la demanda de hora punta. El objetivo de este punto es lograr un dimensionamiento menor de las calderas, y hacer que estas operen en sus puntos óptimos de operación.

###### d. Calefacción / generación ACS individual:

- Solo se podrán especificar calefactores a leña eficientes o a pellet en zonas rurales o viviendas sociales en zonas autorizadas bajo las condiciones técnicas que se indican en la metodología.

###### e. Controles y monitoreo:

- El sistema de monitoreo deberá especificarse de acuerdo a lo indicado en el numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

###### f. Refrigerantes:

- En el caso de equipos de calefacción que utilicen líquidos refrigerantes para su operación, se deberá cumplir con los requerimientos descritos en el numeral “5.1.2 Gases Efecto Invernadero” del presente documento.

##### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

###### g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

##### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

###### h. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la



etapa de diseño enfocados a que el sistema de calefacción y de ACS estén funcionado de acuerdo a lo diseñado.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### h. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar al año de operación el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño enfocados a que el sistema de calefacción y de ACS estén funcionado de acuerdo a lo diseñado.

## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Demanda energética en calefacción:

- Para llevar a cabo estos cálculos se deberá realizar lo indicado en la metodología del requerimiento “a” del numeral 2.1.1 Desempeño Energético Eficiente, de la presente Categoría.

#### b. Consumo de energía para sistemas de agua caliente sanitaria (ACS):

Para calcular la reducción de consumo solicitado en el presente requerimiento se deberá considerar los siguientes datos de entrada y metodología de cálculo:

- Datos de entrada <sup>4</sup>:
  - $Q_{uni}$ : Consumo de ACS por persona para un sistema unifamiliar: 40 litros/día.
  - $Q_{multi}$ : Consumo de ACS por persona para un sistema multifamiliar: 30 litros/día.
  - $T_{agua-salida}$ : 45°C. Fuente: Título Segundo, Reglamento de Ley 20.365.
  - $T_{agua-entrada}$ : T° agua de entrada para cada comuna, según Anexo VI de “Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365”.
  - $T_{agua-salida}$ : Temperatura de agua salida, se considera 45°C.
  - $\eta_{base}$ : Eficiencia del sistema de generación de ACS del caso base: calefón convencional a gas, con una eficiencia nominal de 0,88.

<sup>4</sup> Fuente: Título Segundo, Reglamento de ley 20.365.

- Eficiencia del sistema de generación de ACS del caso propuesto: Según Tabla 2.18 del presente numeral.

#### 1. Cálculo de energía requerida para calentamiento de agua, caso base

$E$ : Línea base de energía requerida para levantar la temperatura del volumen de agua, desde la temperatura de red hasta los 45°C de temperatura de salida.

##### PARA EL CASO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES:

$$E_{uni} = \frac{4,18 \cdot (T_{agua-salida} - T_{agua-entrada}) \cdot \eta_{personas} \cdot Q_{uni} \cdot 365}{3600 \cdot \eta_{base}}$$

##### PARA EL CASO DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES:

$$E_{multi} = \frac{4,18 \cdot (T_{agua-salida} - T_{agua-entrada}) \cdot \eta_{personas} \cdot Q_{multi} \cdot 365}{3600 \cdot \eta_{base}}$$

#### 2. Cálculo de energía requerida para calentamiento de agua, caso propuesto

La disminución de energía requerida en el caso propuesto, con respecto al caso base se calcula de la siguiente manera:

##### ECUACIÓN 2.2: CÁLCULO DE ENERGÍA REQUERIDA PARA LEVANTAR N GRADOS DE TEMPERATURA DE UN VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO:

$$E_{prop} = \frac{4,18 \cdot (T_{agua-salida} - T_{agua-entrada}) \cdot \eta_{personas} \cdot Q_{prop} \cdot 365}{3600 \cdot \eta_{prop}}$$

#### Donde:

- $Q_{prop}$ : Consumo de agua caliente por persona que se obtendría en el caso propuesto.
- $\eta_{prop}$ : Eficiencia nominal del artefacto utilizado en el caso propuesto.

### 3. Agua caliente sanitaria solar:

En caso de utilizar Sistemas Solares Térmicos (SST) para calentamiento de agua caliente sanitaria, se deberá cumplir con los ahorros indicados en la siguiente tabla:

TABLA 2.15: PORCENTAJE DE AHORRO DE ENERGÍA PARA ACS, UTILIZANDO SST

ZONA TÉRMICA	PORCENTAJE DE AHORRO MÍNIMO DE ENERGÍA UTILIZANDO SST
	[%]
A	75
B	66
C	57
D	48
E	39
F	30
G	20
H	10
I	10

Fuente: Elaboración propia, basada en Contribución solar mínima para cada zona climática, del Reglamento de la Ley N° 20.365.

- Para evaluar eficiencia del sistema propuesto se deberá trabajar con los rendimientos descritos en la Tabla 2.17 “Rendimientos generales mínimos de los equipos eficientes de generación de ACS”.

#### c. Especificación de Sistemas de calefacción/ACS centralizados:

##### 1. Las eficiencias nominales:

- El dimensionamiento de los sistemas de calefacción deberá considerar como temperatura de diseño aquella correspondiente al percentil 99%. Esta temperatura es aquella en la cual solo 88 horas del año presentan temperaturas inferiores. Esta temperatura de diseño se puede obtener de datos climáticos horarios, o bien tomando como referencia la la Tabla 3A del capítulo 26 de Ashrae 1997 Fundamentals.
- El dimensionamiento del sistema de ACS deberá realizarse utilizando las temperaturas de agua fría de red indicadas en la Norma Técnica de la Ley 20.365 para todas las comunas de Chile, y a una temperatura de agua caliente de 45°C.
- Las eficiencias nominales de los sistemas de calefacción o ACS deberán ser iguales o mayores a las indicadas en las Tablas 2.17 y 2.18, respectivamente:

TABLA 2.16: RENDIMIENTOS GENERALES MÍNIMOS DE LOS EQUIPOS DE CALEFACCIÓN, BASADOS EN EL PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI O LHV). CONFIGURACIÓN CENTRALIZADA

RENDIMIENTOS MÍNIMOS	RENDIMIENTO BASE	RENDIMIENTO ÓPTIMO	UNIDAD
Caldera a gas de condensación solo calefacción	0,97	1,0	Rendimiento promedio PCI
Bomba de calor suelo - aire o suelo agua	3,1	4,0	COP modo calefacción
Bomba de calor agua - agua o agua - aire	3,6	4,0	COP modo calefacción
Bomba de calor aire - agua o aire - aire	3,2	4,0	COP modo calefacción
Caldera mixta de condensación	0,97	1,0	Rendimiento promedio PCI
Caldera biomasa	0,9	0,94	Rendimiento promedio PCI
Caldera a gas para calefacción	0,9	0,94	Rendimiento promedio PCI

Fuente: Elaboración propia basada en estándar Ashrae 90.1-2016, Tablas 6.2.1-2 y 6.8.1-6; y Etiquetado de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía.

- Para otras tecnologías, se deberá demostrar un rendimiento por sobre 1 y que el sistema cumpla con el requerimiento “b” del numeral 1.1.1 Calidad de Aire Interior, de la Categoría Salud y Bienestar y el requerimiento “c” del numeral 5.1.1 de la Categoría Impacto Ambiental.

TABLA 2.17: RENDIMIENTOS GENERALES MÍNIMOS DE LOS EQUIPOS EFICIENTES DE GENERACIÓN DE ACS

RENDIMIENTOS MÍNIMOS	RENDIMIENTO BASE	RENDIMIENTO ÓPTIMO	UNIDAD
Caldera de condensación	0,97	1,01	Rendimiento promedio PCI
Bomba de calor suelo - aire o suelo agua	3,1	4,0	COP modo calefacción
Boba de calor agua - agua o agua - aire	3,6	4,0	COP modo calefacción
Bomba de calor aire - agua o aire - aire	3,2	4,0	COP modo calefacción

Fuente: Elaboración propia basada en estándar Ashrae 90.1-2016, Tablas 6.2.1-2 y 6.8.1-6; y Etiquetado de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía.

- Para otras tecnologías se deberá demostrar un rendimiento óptimo por sobre 1 y que el sistema cumpla con el requerimiento “b” del numeral 1.1.1 “Calidad de aire interior” de la Categoría Salud y Bienestar y el requerimiento “c” del numeral 5.1.1 de la Categoría Impacto Ambiental.

## 2. Aislación para cañerías:

- Las cañerías por donde circula el agua o aire caliente deben tener un nivel mínimo de aislación térmica, de acuerdo a lo indicado en las Tablas 2.18, 2.19 y 2.20.
- Los tramos de cañería ubicados en la intemperie, deberán contar con aislación térmica resistente a la radiación UV.

**TABLA 2.18: REQUERIMIENTOS DE AISLACIÓN TÉRMICA PARA CAÑERÍAS POR DONDE CIRCULA FLUIDO CALIENTE POR EL INTERIOR DE LAS EDIFICACIONES**

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR (EN MM)		
	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	> 40...60	< 60...100	> 100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Fuente: Tabla 1.2.4.2.1 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

**TABLA 2.19: REQUERIMIENTOS DE AISLACIÓN TÉRMICA PARA CAÑERÍAS POR DONDE CIRCULA FLUIDO CALIENTE POR EL EXTERIOR DE LAS EDIFICACIONES**

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	> 40...60	< 60...100	> 100...180
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤ 140	40	50	60
140 < D	45	50	60

Fuente: Tabla 1.2.4.2.2 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

Los espesores de aislación indicados en las Tablas 2.19 y 2.20 corresponden a espesores para un material de referencia con una conductividad de 0,04 W/m·K. Si se utiliza otro material con una conductividad distinta, el espesor de la aislación se debe estimar utilizando la siguiente ecuación:

**ECUACIÓN 2.3:**

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ \exp \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \left( \frac{D + 2 d_{ref}}{D} \right) \right) \right]$$

**Donde:**

$d$ : corresponde al espesor mínimo de la aislación utilizada para la cañería, en [mm]

$D$ : corresponde al diámetro exterior de la cañería a ser aislada, en [mm]

$\lambda$ : corresponde a la conductividad térmica del material a ser utilizado, en [W/m·K]

$\lambda_{ref}$ : corresponde a la conductividad térmica del material de referencia, en este caso equivale a 0,04[W/m·K]

## 3. Aislación para ductos de aire:

- En el caso de ductos de aire (como en bombas de calor aire-aire o agua aire), se utilizarán los siguientes espesores de aislamiento:

**TABLA 2.20: REQUERIMIENTOS DE ESPESORES DE AISLACIÓN PARA DUCTOS DE AIRE CALIENTE**

EN INTERIORES (mm)	EN EXTERIORES (mm)
20	30

Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

## 4. Aislación para tanques de acumulación:

- Los tanques de acumulación deberán preferentemente ser verticales y esbeltos, además deberán contar con un nivel de aislación térmica de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.21.

TABLA 2.21: ESPESOR REQUERIDO PARA AISLACIÓN TÉRMICA EN ESTANQUES DE ACUMULACIÓN

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA [W/m·K]	EN EXTERIORES [mm]V
0,04	50
Otro	$e = 50 \cdot \frac{\lambda}{0,04}$

Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

**Donde:**

$e$ : Corresponde al espesor de aislación

$\lambda$ : Corresponde a la conductividad térmica del material aislante, en [W/m·K]

Además de lo anterior, los ductos que conduzcan aire, deberán tener un nivel de sellado contra infiltraciones de acuerdo a lo indicado en Ashrae 90.1:2016, Categoría 6.4.4.2.

**5. Losa radiante:**

- Las temperaturas de operación para losa radiante serán menores a 45° C.
- Cuando se instale losa radiante, los espesores de aislación para el suelo serán estimados de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 2.22:

TABLA 2.22: ESPESORES DE AISLACIÓN PARA LOSA RADIANTE

USO DEBAJO DEL SUELO CALEFACCIONADO	$U = \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	ESPESOR MÍNIMO NECESARIO		
		$\lambda = 0,025 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$\lambda = 0,035 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$\lambda = 0,04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Local calefaccionado	1,33	19	26	30
Local sin calefaccionar o sobre tierra	0,8	31	44	50
T° recinto subyacente $\geq 0^\circ\text{C}$	0,8	31	44	50
-5°C $\leq$ T° recinto subyacente $< 0^\circ\text{C}$	0,67	38	53	60
-15°C $\leq$ T° recinto subyacente $< -5^\circ\text{C}$	0,5	50	70	80

Fuente: UNE-EN 1264-4:2010. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes. Parte 4: Instalación.

- Se deberá desarrollar un informe de cálculo y diseño del sistema de calefacción de espacios y de generación de agua caliente sanitaria, el cual debe ser elaborado y firmado por un ingeniero competente aprobado por la SEC.

- Completar el Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento de lo requerido en la etapa de diseño.

**d. Calefacción / generación ACS individual:**

- Especificar calefactores a leña eficientes o a pellet, en zonas rurales o viviendas sociales, de acuerdo a las siguientes condiciones técnicas:
  - Para zonas que no cuenten con “Plan de Descontaminación Ambiental” (PDA), según lo publicado por Ministerio del Medio Ambiente.
  - En Especificaciones Técnicas, indicar doble cámara de combustión.
  - Cumplir con los niveles de emisión establecidos en el numeral 1.1.1 Calidad del Aire Interior del presente documento, correspondientes a una tasa máxima de emisión de material particulado de 1,6 g/h.

**e. Controles y Monitoreo:**

- El sistema de monitoreo deberá especificarse de acuerdo a lo indicado en el numeral 2.4.1 de la presente Categoría.
- Cada recinto deberá tener control independiente del sistema de calefacción.
- Los controles de distribución deben ajustar los niveles de operación del sistema para proporcionar el confort necesario y minimizar el consumo energético del sistema de calefacción.

**f. Refrigerantes:**

- Referirse a la metodología del requerimiento “c” del numeral 5.1.2 Gases Efecto Invernadero, de la Categoría Impacto Ambiental, del presente documento.



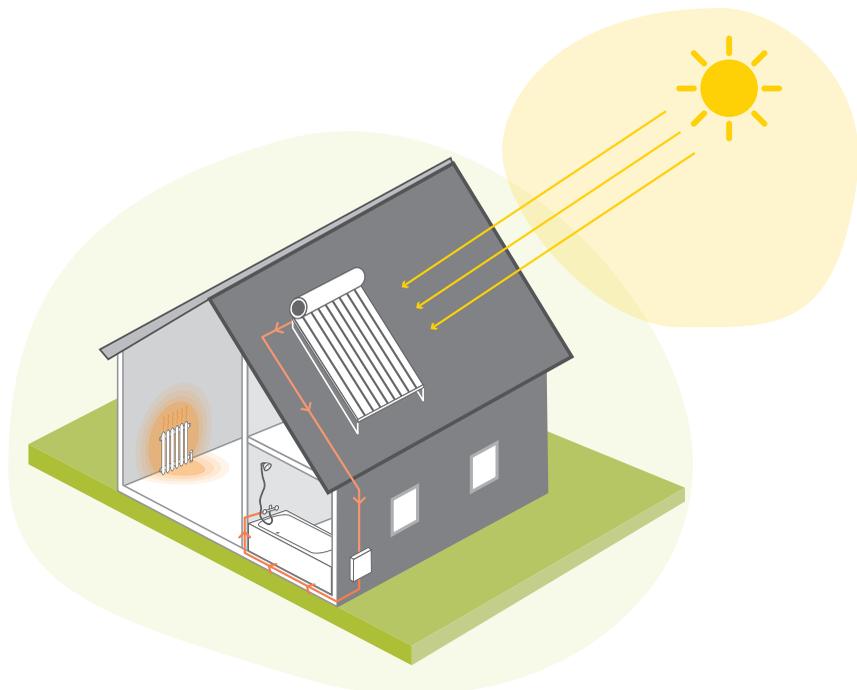


Ilustración N°15

Ilustración N°15:  
Esquema de sistema de calefacción eficiente y calentamiento de agua con sistema solar térmico.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar que la calidad de la construcción en cuanto a lo requerido en etapa de diseño.
- La instalación debe ser realizada por personal competente aprobado por la SEC.
- La instalación debe ser específica para el sistema y debe realizarse según instrucciones del fabricante.
- Llevar a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6, del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en el requerimiento con respecto a la calidad técnica y de instalación del sistema de calefacción de espacios y de generación de agua caliente sanitaria. Ésta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes y con fechas en las que fueron tomadas. La Bitácora debe ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras. El fin de la bitácora es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para cumplimiento de los estándares constructivos.

## INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

- Se deberán realizar pruebas y ajustes de puesta en marcha del sistema (calderas, tuberías, bombas, controles, etc.) para determinar posteriormente la correcta operación de este, según norma ISO 13256-1:1998 (2015).
- Se deberán verificar, cuando corresponda, las presiones de trabajo, las temperaturas de acumulación, las temperaturas de ida y retorno.
- Se deberán registrar los resultados de funcionamiento del sistema y las pruebas realizadas.

## ETAPA DE OPERACIÓN:

### h. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C para verificar la calidad del funcionamiento de los equipos.
- Se deberá desarrollar un informe de monitoreo mensual de operación de los sistemas de calefacción de espacios y de generación de agua caliente sanitaria.
- Contar con Plan de Mantenimiento y Operación en base a la estructura propuesta en el Anexo 5.4 de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.



- Verificar que los residentes cuentan con el Manual de Usuario de la Vivienda, según estructura propuesta en numeral 1.3.1 de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento de el requerimiento. Este, debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes documentos, según los siguientes requerimientos:

#### a. Demanda energética en calefacción:

- Cumplir con evidencia requerida para calefacción, el requerimiento “a” del numeral 2.1.1 “Desempeño Energético Eficiente” de la presente Categoría.

#### b. Consumo de energía para sistemas de agua caliente sanitaria (ACS):

- Informe de cálculo de consumo base y consumo eficiente proyectado, según metodología, y firmado por el profesional competente.
- En caso de incluir energía solar térmica, basar informe consumo base y eficiente proyectado, según la zona térmica solicitada en tabla 2.16.
- Especificaciones Técnicas de sistemas de ACS de acuerdo a lo indicado en la presente metodología.
- Planos del proyecto y sistemas propuestos ACS.
- Planos de detalle ACS.
- Fichas técnicas de los equipos y/o de las partes del sistema ACS.

#### c. Especificación de sistemas de calefacción/ACS centralizados:

- Informe de cálculo de consumo base, consumo eficiente proyectado y dimensionamiento del sistema, según metodología y firmado por el profesional competente, dando cumplimiento a:
  - Numeral 2.2.5 etapa de diseño.
  - Tablas 2.17 y 2.18 del presente documento.
  - En sistemas ACS centralizados para más de un servicio, se deberá dimensionar el consumo de hora punta como un 50% del consumo medio diario.

- Especificaciones Técnicas de equipos de calefacción/ACS centralizados que operen en frío, según lo solicitado por la Tabla 2.24 del presente documento.
- Especificaciones Técnicas de las aislaciones según aplicación y lo solicitado por las Tablas 2.19 a 2.23 del presente documento.
- Planos de sistemas de calefacción.
- Planos o fichas técnicas de los equipos y/o de las partes del sistema.

#### d. Calefacción / generación ACS individual

- Especificaciones Técnicas de los equipos de calefacción/ACS, que incluyan:
  - Fichas técnicas de los equipos a leña eficientes y/o pellet con doble cámara de combustión (cuando corresponda).
- Planos de sistemas de calefacción y ACS.
- Documentar que la zona no cuente con Planes de Descontaminación Atmosférica del Ministerio del Medio Ambiente.
- Cumplimiento del numeral 1.1.1 “Calidad del aire interior” del presente documento.

#### e. Controles y Monitoreo

- Cumplir con los requerimientos “a” y “b” del numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

#### f. Refrigerantes:

- En el caso de equipos de calefacción que utilicen líquidos refrigerantes para su operación, se deberá cumplir con el requerimiento “c” del numeral “5.1.2 Gases Efecto Invernadero” de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante; debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita. Este documento deberá ser validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia de las facturas de compra del sistema de calefacción y ficha técnica correspondiente.



- Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
- En caso de contar con sistemas de calefacción, se deberán adjuntar los Planos as-built del sistema, indicando los puntos de distribución.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### h. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar al año de operación, el cumplimiento del requerimiento, comprobando que los sistemas de calefacción de espacios y de generación de agua caliente sanitaria operen de acuerdo a como fueron diseñados y recepcionados. Este documento debe ir firmado por el mandante, además se debe contar con los siguientes antecedentes:
  - Cumplimiento con requerimientos “a” y “b” del numeral 2.4.1 de la presente categoría.
  - Informe de monitoreo horario del consumo de energía en calefacción de espacios y calentamiento de agua caliente sanitaria de la vivienda, que indique el valor de consumo anual, según el numeral 2.4.1 de la presente Categoría.
  - Control sobre mantención periódica de los sistemas calefacción / ACS, según lo solicitado en el Anexo 5.4 numeral 3.
  - Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 “Manual de Usuario de la Vivienda”.

## NOTAS

- Los sistemas de generación de Agua Caliente Sanitaria (ACS) que se diseñen con apoyo de sistemas de energías renovables, deberán cumplir además con lo indicado en el numeral 2.3.5.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- A la fecha de publicación del presente documento, no existe reglamentación en Chile que regule la eficiencia energética de sistemas de calentamiento de aire y agua.

## DEFINICIONES

- **Coeficiente de Rendimiento (COP):** Es una expresión relacionada con la eficiencia de una bomba de calor. Cuando se calcula el COP de una bomba de calor, se compara la salida de calor del condensador (Q) con la potencia suministrada al compresor (W).
- **Poder Calorífico Inferior (PCI):** Es la energía que se puede obtener de la combustión, sin tomar en cuenta el calor latente contenido en el vapor de agua generado en ella.
- **Calorímetro:** Instrumento que permite medir la energía generada en un proceso de calefacción de agua. A través de la medición de una temperatura de entrada, una temperatura de salida y un caudal.

## REFERENCIAS

- Aenor, 2002. UNE-EN 1264-4:2010. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación. Asociación Española de Normalización.
- Ashrae, 2016. Norma ANSI/Ashrae 90.1. 2016. Categoría 6. Energy Standard for Buildings Except Low Rise Residential Buildings.
- Ashrae, 2005. Norma ISO 13256-1:1998 (2015) Water-source Heat Pumps - Testing and Rating for Performance - Part 1: Water-to-Air and Brine-to-Air Heat Pumps (Estimación del COP para bombas de calor agua-aire).
- Ashrae, 2000. Systems and Equipment Handbook (SI).
- Ashrae, 2013. ANSI/Ashrae 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- IDEA, 2010. Guía Técnica Agua Caliente Sanitaria Central, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, España.
- INN, 2016. prNCh 3502 UNE ISO 13790, Eficiencia energética en edificios, cálculo del factor del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios.
- ISO, 1998. Norma ISO 13256-2:1998, Water-source heat pumps -- Testing and rating for performance -- Part 2: Water-to-water and brine-to-water heat pumps (Estimación del COP para bombas de calor agua-agua).
- ISO, 15042:2011. Multiple split-system air-conditioners and air-to-air heat pumps- Testing and rating for performance (Estimación del desempeño para bombas de calor aire aire).



- Johnson, 1981. Patterns Of Residential Occupancy - B.N. National Research Council Of Canada, Division Of Buiding Research.
- Secretaría de Estado de Energía, 2013. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

## 2.3.2 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

### OBJETIVO

Asegurar que los sistemas de refrigeración de espacios operen de forma eficiente.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Demanda energética en enfriamiento:

- Si una vez evaluado el proyecto, la unidad vivienda demanda menos de 10 kWh/m<sup>2</sup>\*año la vivienda puede ser considerada como pasiva desde la perspectiva de enfriamiento.
- En caso que se requiera sistema de enfriamiento, el promedio de demanda de enfriamiento anual por m<sup>2</sup> debe ser menor a lo indicado en la Tabla 2.2 del requerimiento “a” del numeral 2.1.1 “Desempeño Energéticamente Eficiente,” de la presente Categoría.

##### b. Especificación de sistemas de enfriamiento:

- Los sistemas de enfriamiento que operan en frío/calor deberán cumplir con los COP en modo calor de la Tabla 2.17 y además con los requisitos de COP en modo frío expuestos en la la Tabla 2.24.
- El sistema de enfriamiento instalado deberá contar con un etiquetado de eficiencia energética Categoría A o superior.
- La aislación de cañerías y ductos deberá ser igual o mayor a la indicada en las Tablas 2.25 a la 2.27 de la presente metodología.

##### c. Controles y monitoreo:

- El sistema de enfriamiento debe estar diseñado para permitir el control de las áreas zonificadas por cada ocupante dentro de cada vivienda, según lo solicitado en la metodología.

##### d. Refrigerantes:

- Refiérase al requerimiento “c” del numeral “5.1.2 Gases Efecto Invernadero” de la Categoría Impacto Ambiental, del presente documento.



**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

**EN ETAPA DE OPERACIÓN:****f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Verificar al año de operación el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, enfocados en que el sistema de enfriamiento funcione de acuerdo a lo diseñado y a lo recepcionado en obra.

## METODOLOGÍA

**EN ETAPA DE DISEÑO:****a. Demanda energética en enfriamiento:**

- Para realizar estos cálculos, se deberá llevar a cabo lo indicado en la metodología para enfriamiento del requerimiento “a” del numeral 2.1.1 Desempeño Energético Eficiente, de la presente Categoría.

**b. Especificación de Sistemas de calefacción/ACS centralizados:**

- Los sistemas de enfriamiento y calefacción, deberán ser diseñados en forma complementaria.
- Desarrollar memoria de cálculo con el dimensionamiento del sistema de enfriamiento, para su operación en modo frío, con capacidad para climatizar al menos el 97% de las temperaturas (inferior y superior) y dimensionamiento de la demanda de frío en los distintos recintos en los cuales se considera distribución. La memoria debe ser desarrollada y firmada por un ingeniero competente, aprobado por la SEC.
- Desarrollar Especificaciones Técnicas del equipo y/o ficha técnica, que confirme el rendimiento del sistema de refrigeración.

**1. Rendimientos mínimos:**

- El dimensionamiento de los sistemas de refrigeración deberá considerar una temperatura de diseño correspondiente al percentil 2%, que corresponde a la temperatura en la cual solo 175 horas del año presentan temperaturas más bajas.

Esta temperatura de diseño se puede obtener de datos climáticos horarios, o bien tomando como referencia la Tabla 3B del capítulo 26 de Ashrae 1997 fundamentals.

- Los rendimientos mínimos de los sistemas de enfriamiento deberán ser iguales o mayores a las indicadas a continuación en la Tabla 2.23:

**TABLA 2.23: RENDIMIENTOS MÍNIMOS PARA EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN**

RENDIMIENTOS MÍNIMOS	RENDIMIENTO BASE	RENDIMIENTO ÓPTIMO	UNIDAD
Equipos aire acondicionado Split solo frío	3,2	3,8	COP
Equipos de aire acondicionado ventana solo frío	3,2	3,5	COP
Bomba de calor suelo - aire o suelo agua	3,9	4,2	COP modo frío
Bomba de calor agua - agua o agua - aire	3,2	4,2	COP modo frío
Bomba de calor aire - agua o aire - aire	3,2	3,8	COP modo frío

Fuente: Elaboración propia basada en estándar Ashrae 90.1-2016, Tablas 6.2.1-2 y 6.8.1-6; y Etiquetado de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía.

**2. Aislación para cañerías:**

- Las cañerías por donde circula el fluido caloportador deberán contar con un nivel de aislación de acuerdo a lo indicado en las Tablas 2.24 a la 2.26.

**TABLA 2.24: REQUERIMIENTOS DE AISLACIÓN TÉRMICA PARA CAÑERÍAS POR LAS QUE CIRCULA FLUIDO FRÍO AL INTERIOR DE EDIFICIOS**

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	ESPESOR (EN mm)		
	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	-10... 0	> 0 a 10	>10
$\varnothing \leq 35$	30	25	20
$35 < \varnothing \leq 60$	40	30	20
$60 < \varnothing \leq 90$	40	30	30
$90 < \varnothing \leq 140$	50	40	30
$140 < \varnothing$	50	40	30

Fuente: Tabla 1.2.4.2.3. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

**TABLA 2.25: REQUERIMIENTOS DE AISLACIÓN TÉRMICA PARA CAÑERÍAS QUE CIRCULAN FLUIDO FRÍO POR EL EXTERIOR DE EDIFICIOS**

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR (EN mm)		
	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO (°C)		
	-10... 0	> 0 a 10	>10
$\varnothing \leq 35$	50	40	40
$35 < \varnothing \leq 60$	60	50	40
$60 < \varnothing \leq 90$	60	50	50
$90 < \varnothing \leq 140$	70	60	50
$140 < \varnothing$	70	60	50

Fuente: Tabla 1.2.4.2.4. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

- Los tramos de cañería ubicados en la intemperie, deberán contar con aislación térmica resistente a la radiación UV.

### 3. Aislación para ductos:

**TABLA 2.26: RENDIMIENTOS DE ESPEORES DE AISLACIÓN PARA DUCTOS DE AIRE FRÍO**

EN INTERIORES (mm)	EN EXTERIORES (mm)
30	40

Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.  
Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.

- Completar el Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento de lo requerido en etapa de diseño.

#### c. Controles y Monitoreo:

- Los controles deben ajustar los puntos de operación establecidos, de tal forma que minimicen el consumo de energía del sistema de enfriamiento bajo distintas cargas de operación, condiciones climáticas y temperatura del aire circundante.
- Se deberá instrumentar el sistema de enfriamiento permitiendo el monitoreo de su consumo eléctrico, además de las temperaturas de ida y retorno del fluido térmico. El sistema de monitoreo deberá especificarse de acuerdo a lo indicado en el numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

- Referirse a evidencia requerida del numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

#### d. Refrigerantes:

- En el caso de equipos de calefacción que utilicen líquidos refrigerantes para su operación, se deberá cumplir con los requerimientos descritos en el numeral "5.1.2 Gases Efecto Invernadero" del presente documento.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar la calidad de la construcción en cuanto a lo requerido en la etapa de diseño.
- La instalación debe ser realizada por un personal competente aprobado por la SEC.
- La instalación debe ser específica para el sistema y debe realizarse según instrucciones del fabricante.
- Llevar a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en el requerimiento respecto de la calidad técnica y de instalación del sistema de enfriamiento de espacios. Esta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes y con fechas en las que fueron tomadas. Esta bitácora debe ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras y su fin es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes, para el cumplimiento de los estándares constructivos.

## INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

- Se deberán realizar pruebas y ajustes de puesta en marcha del sistema para determinar posteriormente la correcta operación de este, según norma ISO 13256-1:1998 (2015).
- Se deberán verificar, cuando corresponda, las presiones de trabajo, las temperaturas de acumulación, las temperaturas de ida y retorno, etc.
- Se deberán registrar los resultados de funcionamiento del sistema y las pruebas realizadas.



## ETAPA DE OPERACIÓN:

### f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C, para verificar la calidad del funcionamiento de los equipos.
- Se deberá desarrollar un informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas de enfriamiento de espacios y de generación de agua caliente sanitaria.
- Contar con Plan de Mantenimiento y Operación en base a la estructura propuesta en el Anexo 5.4 de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.
- Verificar que los residentes cuentan con el Manual de Usuario de la Vivienda, según estructura propuesta en numeral 1.3.1 de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; contar con los siguientes documentos, según los requerimientos expuestos a continuación:

#### a. Demanda energética en enfriamiento:

- Cumplir con la evidencia requerida para enfriamiento, solicitada en el requerimiento “a” del numeral 2.1.1 Desempeño Energético Eficiente, de la presente Categoría (informe de comportamiento energétimico).

#### b. Especificación de sistemas de enfriamiento:

- Informe de cálculo con el dimensionamiento de la demanda de frío de los recintos y del sistema de enfriamiento según metodología.
- Especificaciones Técnicas del equipo y/o ficha técnica, que confirme el rendimiento del sistema de refrigeración, incluyendo:
  - Lo solicitado por las Tablas 2.17 y 2.24 del presente documento.
  - Etiquetado de eficiencia energética A o superior.
  - Aislaciones según lo solicitado por las Tabla 2.25 a 2.27 del presente documento.
- Planos de detalle.
- Fichas técnicas de los equipos, aislaciones y/o de las partes del sistema.

### c. Controles y Monitoreo:

- Cumplir con los requerimientos “a” y “b” del numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

### d. Refrigerantes:

- En el caso de equipos de calefacción que utilicen líquidos refrigerantes para su operación, se deberá cumplir con el requerimiento “c” del numeral “5.1.2 Gases Efecto Invernadero” de la Categoría Impacto Ambiental del presente documento.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita. Este documento debe ser validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia de las facturas de compra del sistema de enfriamiento y ficha técnica correspondiente.
  - Etiquetado energético SEC.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Planos del sistema, indicando los puntos de distribución.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar al año de operación, el cumplimiento del requerimiento en cuanto a confirmar que los sistemas de enfriamiento operen de acuerdo a como fueron diseñados y recepcionados. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Cumplimiento de los requerimientos “a” y “b” del numeral 2.4.1 de la presente Categoría.



- Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas enfriamiento, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3
- Verificación de que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología. Informe de monitoreo horario anual del consumo de energía en enfriamiento de la vivienda, que indique el valor de consumo anual, según el numeral 2.4.1 de la presente Categoría.

## NOTAS

- Se recomienda tener un dispositivo de velocidad variable instalado en los compresores, bombas y ventiladores y que se aislen y encierren las tuberías expuestas con tubos de PVC.
- El Ministerio de Energía gestiona el sistema de etiquetación para aparatos eléctricos. Las calificaciones tienen un rango de A hasta G. Es obligatorio que los aparatos tengan etiquetas con su calificación a la vista.
- Para más información sobre la etiquetación de aparatos electrónicos véase:

[www.sec.cl](http://www.sec.cl) - Protocolos de productos del sector eléctrico

- The Building Energy Software Tools Directory, publica el listado de simuladores validados para comportamiento térmico y energético, entre otros, evaluados por el método establecido en la norma Ashrae 140.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- A la fecha de publicación del presente documento, el Ministerio de Energía cuenta con un sistema de etiquetación para aparatos eléctricos y de enfriamiento por aire. Sin embargo no están normados requerimientos óptimos para eficiencia energética de los equipos de enfriamiento.

## DEFINICIONES

- No aplica.

## REFERENCIAS

- Ashrae, 2007. ANSI/Ashrae 90.1-2016 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings).
- Ashrae, 2000. Systems and Equipment Handbook (SI).
- Ashrae, 2004. Norma ANSI/Ashrae 55-2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- INN, 2016. prNCh 3502 UNE ISO 13790, Eficiencia energética en edificios, cálculo del factor del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios.
- ISO, 1994. Norma ISO 5151:2010. Comportamiento de acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos – Métodos de ensayo y clasificación.
- ISO, 1998. Norma ISO 13256-2:1998-2015. Water-source heat pumps - Testing and rating for performance - Part 2: Water-to-water and brine-to-water heat pumps (Estimación del COP para bombas de calor agua-agua).
- ISO, 2011. Norma ISO 15042:2011. Multiple split-system air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance (Estimación del desempeño para bombas de calor aire).
- INN, 2007. NCh 3081:2007. Eficiencia Energética – Equipos de Aire Acondicionado – Clasificación y Etiquetado.
- Secretaría de Estado de Energía, 2013. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. España.
- UNE, 2010. UNE-EN 1264-4:2010. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación.



## 2.3.3 ESTÁNDARES DE ILUMINACIÓN INTERIOR

### OBJETIVO

Reconocer y promover la especificación de artefactos de iluminación eficientes en recintos interiores de las viviendas, junto con el uso eficiente de iluminación durante la operación.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Promover luz natural:

- Diseñar las viviendas maximizando el uso de iluminación natural, reduciendo el uso de iluminación artificial durante las horas del día. Para ello, se debe cumplir con el requerimiento “a” del numeral 1.1.5 Confort Lumínico y Visual, de la Categoría Salud y Bienestar, del presente documento.
- Especificar circuitos eléctricos zonificados, de modo de minimizar el uso de iluminación artificial en lugares que no sea requerido.

##### b. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):

- Especificar tecnologías eficientes tales como iluminación LED, lámparas fluorescentes lineales T5 o nuevas tecnologías que demuestren eficiencia igual o mejor a las indicadas en la Tabla 2.28.
- Especificar balastos electrónicos de factor de potencia superior a 0,4 para todas las lámparas de descarga (por ejemplo, lámparas fluorescentes y haluros metálicos). Refiérase a la Tabla 2.29 del presente numeral para información adicional.

##### c. Rendimiento luminoso:

- Especificar lámparas con rendimiento luminoso  $\geq 70$  lm/W. Para información referencial, ver Tabla 2.28 . y planilla de cálculo 01a Anexo 2.3 del presente documento.

##### d. Índice de protección IP:

- Especificar equipos de iluminación con índice de protección IP adecuados según su ubicación. Para ver valores mínimos recomendados por recinto. Refiérase a Tabla 2.30 y para información adicional refiérase a Tabla 2.31.

##### e. Desempeño energético (W/m<sup>2</sup>):

- Especificar iluminación interior de baja densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>), para valores máximos recomendados por recinto refiérase a Tabla 2.32 y planilla de cálculo 02a Anexo 2.3 del presente documento.

##### f. Impacto ambiental:

- Especificar como mínimo 50% de lámparas no contaminantes, según se indica en la metodología.

##### g. Alimentación por energía solar fotovoltaica:

- En caso de utilizar energía solar fotovoltaica se deberá disponer de un circuito de iluminación independiente de corriente continua para iluminación LED, de manera optimizar ambas tecnologías.

##### h. Sistemas de control:

- Desarrollar un proyecto de control y monitoreo, según lo solicitado por la metodología.

##### i. Certificación técnica:

- Todas las lámparas y controladores deberán contar con las certificaciones técnicas de seguridad y ambientales que se indican en la metodología.

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### j. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras en las partidas vinculadas al presente numeral.

##### k. Iluminación eficiente en la instalación de faena:

- En la instalación de faena se deberán utilizar tecnologías de iluminación artificial eficientes, basadas en los requerimientos descritos en etapa de diseño del presente numeral.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### l. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar, al año de operación, el cumplimiento de los requisitos establecidos en la etapa de diseño, enfocados en velar que los equipos estén operando de acuerdo a lo proyectado y recepcionado.



## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

#### a. Promover luz natural:

1. Desarrollo de un proyecto de Arquitectura que cuente con simulación lumínica natural, según metodología del requerimiento “a” del numeral 1.1.4 Confort Lumínico y Visual, de la Categoría Salud y Bienestar, del presente documento.

- Planos de iluminación, a escala máxima de 1:200, que deberán contener: Posición de todos los equipos de iluminación y altura de montaje, cuadro de superficies por recinto y simbología de equipos, especificando descripción, ubicación, cantidad y potencia unitaria.

2. Todos los circuitos eléctricos deberán estar zonificados. Para cumplimiento de este requerimiento se deberán entregar los siguientes documentos:

- Planos de instalación eléctrica indicando claramente los circuitos zonificados por uso y/o optimización de iluminación artificial en función de la iluminación natural de los recintos.
- Especificaciones de equipos y circuitos.
- El proyecto eléctrico deberá ir acompañado del estudio de iluminación natural de los recintos que demuestre la distribución interna de la misma en al menos 3 horarios del día, tal como se solicita en el requerimiento “a” del numeral 1.1.4 Confort Lumínico y Visual”, de la Categoría “Salud y Bienestar” del presente documento.

#### b. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):

- Especificar lámparas que cumplan con las siguientes características de eficiencia.

1. Uso de tecnologías eficientes, tales como las indicadas en la Tabla 2.27.

TABLA 2.27: VALORES REFERENCIALES DE POTENCIA (W), LÚMENES (LM), RENDIMIENTO LUMINOSO (LM/W) ÓPTIMO Y TIPO DE BALASTO POR LÁMPARA

LÁMPARA	POTENCIA (W)	LÚMENES (lm)	RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)	BALASTO
LED	2	200	100	
	5	500	100	
	10	1000	100	
Fluorescente compacto	26	1800	69	electrónico
	32	2400	75	electrónico
	36	2800	78	electrónico
	80	6000	75	electrónico
Tubo fluorescente T5	28	2900	104	electrónico
	35	3450	99	electrónico

Fuente: Elaboración propia, Eleek Lamping Guide. Disponible en [http://www.eleekinc.com/latest-versions/lamping-guide/Eleek-Lamping\\_Guide\\_v12.pdf](http://www.eleekinc.com/latest-versions/lamping-guide/Eleek-Lamping_Guide_v12.pdf). Consultada el 11.08.16.

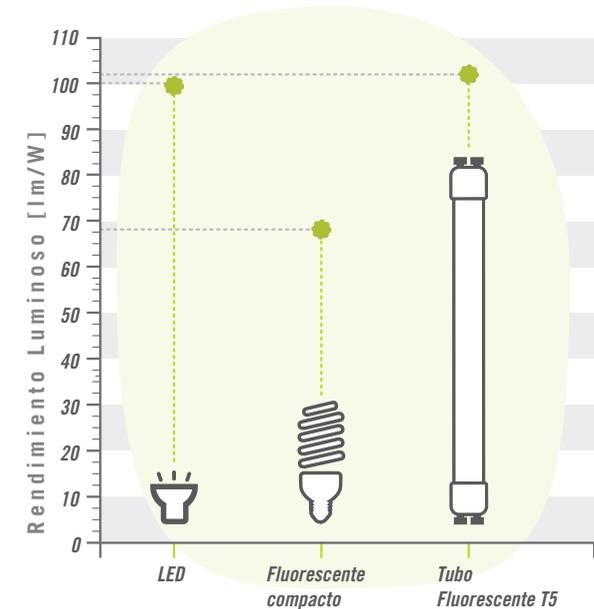


Ilustración N°16

Ilustración N°16:  
Rendimiento luminoso

2. Especificar balastos electrónicos de factor de potencia superior a 0,4 para todas las lámparas de descarga.

2.28: VALORES DE FACTOR DE POTENCIA (COS  $\Phi$ ) MÍNIMOS PARA BALASTOS

TIPO DE CARGA	COS $\Phi$
Lámparas fluorescentes (compensadas)	0,9
Otras lámparas de descarga (haluros metálicos)	0,4 – 0,6

Fuente: Figura L6, Guía de diseño de instalaciones eléctricas 2008, Schneider Electric.

### c. Rendimiento luminoso:

- Para el cálculo de iluminación artificial, especificar lámparas con rendimiento luminoso  $\geq 70$  lm/W, utilizando información de la Tabla 2.28 en la planilla 01 del Anexo 2.3 que se basa en la siguiente ecuación.

#### ECUACIÓN 2.4:

$$\text{Rendimiento luminoso} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{Watt}}$$

### d. Índice de protección IP:

- Especificar equipos de iluminación y lámparas que cumplan como mínimo con los grados de protección IP especificados en las Tablas 2.29 y 2.30, dependiendo del recinto donde se va a instalar.

TABLA 2.29: ÍNDICE DE PROTECCIÓN IP MÍNIMO RECOMENDADO POR RECINTO

RECINTO	GRADO DE PROTECCIÓN IP
Baños	IP44
Comedor, salas estar, pasillos	IP20
Cocina	IP21
Dormitorio	IP20
Patios y terrazas cubiertas	IP44
Bodegas	IP21

Fuente: Elaboración propia, basada en Norma UNE 20460.

TABLA 2.30: ÍNDICE DE PROTECCIÓN IP MÍNIMO RECOMENDADO POR RECINTO

CUERPOS EXTRAÑOS		AGUA	
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegido contra el ingreso de cuerpos extraños de $\varnothing \geq 50$ mm	1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegido contra el ingreso de cuerpos extraños de $\varnothing \geq 12,5$ mm	2	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua con una inclinación de hasta $15^\circ$
3	Protegido contra el ingreso de cuerpos extraños de $\varnothing \geq 2,50$ mm	3	Protegido contra la caída de lluvia
4	Protegido contra el ingreso de cuerpos extraños de $\varnothing \geq 1,0$ mm	4	Protegido contra las salpicaduras de agua
5	Protegido contra la entrada de polvo	5	Protegido contra chorros de agua
6	Estanco al polvo	6	Protegido contra chorros fuertes de agua
		7	Protegido contra inmersión temporal en agua
		8	Protegido contra inmersión prolongada en agua

Fuente: Tabla 1.II y 1.III, Norma Chilena Eléctrica 4/2003.

#### Nota:

- Primer dígito: contra acceso de cuerpos extraños
- Segundo dígito: contra acceso de agua

### e. Desempeño energético ( $W/m^2$ ):

- Especificar que los recintos cuenten con iluminación interior de baja densidad de potencia ( $W/m^2$ ), para valores máximos recomendados por recinto refiérase a Tabla 2.31.

TABLA 2.31: DENSIDADES REFERENCIALES DE POTENCIA EN ILUMINACIÓN

RECINTOS	W/M <sup>2</sup>
Comedor	6
Cocina	8
Dormitorio	5
Corredor	5
Baños	6
Otros recintos interiores	5

Fuente: Elaboración propia.



- Completar planilla de cálculo 02a del Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de la densidad de potencia ( $W/m^2$ ) por cada recinto interior para cada lámpara instalada según requerimientos y metodología.

#### f. Impacto ambiental:

- Especificar un mínimo de 5t0% de las lámparas del proyecto como no contaminantes, que cuenten con certificación de “Restricción de Sustancias Peligrosas” (RoHS) u otra que demuestre que no contiene mercurio u otros componentes tóxicos.

#### g. Alimentación por energía solar fotovoltaica:

- Especificar lámparas de bajo voltaje con su circuito independiente, que se alimente directamente del sistema de energía solar fotovoltaica. Este sistema deberá contar con baterías de respaldo.
- Plano de detalle generación solar fotovoltaica, según punto 2 de la metodología del requerimiento “a” del numeral 2.3.5 del presente documento, que incluya:
  - Circuito de alimentación para iluminación eficiente independiente.

#### h. Sistemas de control:

- Todos los circuitos eléctricos deberán estar zonificados, a modo de minimizar el uso de iluminación artificial en lugares donde no se requiera de ésta.
- Para el manejo de la iluminación de las áreas comunes, se dará prioridad al uso de controladores (reguladores; interruptores con activación por detección de presencia y apagado automático; y/o fotosensores).
- Especificar sistemas de control para áreas comunes dando prioridad al uso de controladores (reguladores; interruptores con activación por detección de presencia y apagado automático; y/o fotosensores).
- En caso que los controladores no sean compatibles con las lámparas y equipos propuestos, se deberán especificar, como mínimo, interruptores manuales de circuito de combinación escalera 9-24 en todos los recintos de uso intermitente, como escaleras y pasillos.

#### i. Certificación técnica:

- Como parte de la documentación de las lámparas y controladores se deberá contar con certificaciones técnicas de seguridad CE, UL, TÜV, RoHS y FCC, que permitan corroborar el cumplimiento de los requerimientos de esta variable.. En Notas se describen cada una de estas certificaciones.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### j. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

#### k. Iluminación eficiente en la instalación de faena:

- Checklist N° 2B, para verificar, el cumplimiento de la directriz. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita. Este documento deberá ir validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia de las facturas de compra de los equipos, lámparas y accesorios de los circuitos de iluminación.
  - Fichas técnicas de los equipos y lámparas correspondientes.
  - Etiquetado energético SEC.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Planos del proyecto de iluminación y eléctrico completo indicando claramente los circuitos.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### l. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar al año de operación el cumplimiento de las directrices especificadas en el proyecto y recepcionadas en obra. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante. La verificación consistirá en confirmar si se conserva la misma cantidad y calidad de equipos.
- En caso de la existencia de una administración se deberá documentar los horarios o procedimientos implementados para optimización del uso de la iluminación artificial.



## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:

#### a. Promover luz natural:

- Cumplimiento con el requerimiento “a” del numeral 1.1.5 “Confort Luminico y visual” del presente documento.
- Planos de arquitectura general, a escala máxima de 1:100.
- Informe de análisis de iluminación natural.
- Planos de iluminación, a escala máxima de 1:200, según se indica en metodología.
- Planos de instalación eléctrica, a escala máxima de 1:200, indicando claramente los circuitos zonificados por uso y/o por optimización de iluminación artificial en función de la iluminación natural de los recintos.
- Especificaciones Técnicas de luminarias, equipos, sistemas de control y accesorios.

#### b. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):

#### c. Rendimiento luminoso:

#### d. Índice de protección IP:

- Especificaciones Técnicas y fichas de todas las lámparas, que describan los requerimientos indicados en la presente variable, tales como, lúmenes por equipo, índice de protección y tipo de balasto, si aplica, junto con la certificación correspondiente.
- Planillas de cálculo 01a del Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de los criterios de rendimiento luminoso (lm/W), para cada lámpara instalada según requerimientos y metodología.

#### e. Desempeño energético (W/m<sup>2</sup>):

- Planos de proyecto de iluminación indicando densidad de potencia por recinto.
- Especificaciones Técnicas y fichas de todas las lámparas, que describan los requerimientos indicados en la presente variable, tales como: lúmenes por equipo, índice de protección y tipo de balasto, si aplica, junto con la certificación correspondiente.
- Planillas de cálculo 01 y 02 del Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de

densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>) por cada recinto interior para cada lámpara instalada según requerimientos y metodología.

#### f. Impacto ambiental:

- Certificados que demuestren que la lámpara no cuenta con componentes tóxicos según se indica en metodología.
- Especificaciones Técnicas de luminarias.
- Fichas Técnicas de luminarias no contaminantes.

#### g. Alimentación por energía solar fotovoltaica:

- Especificaciones Técnicas de sistema solar fotovoltaico completo con circuito y lámparas de bajo voltaje.
- Plano de detalle generación solar fotovoltaica, según metodología.

#### h. Sistemas de control:

- Planos de circuitos eléctricos y controladores detallados, que deberán contener:
  - Posición de todos los controladores y altura de montaje en relación con la iluminación propuesta y simbología de controladores especificando descripción, ubicación y radio de alcance.
  - Posición de todos los equipos de iluminación y altura de montaje, especificando descripción, ubicación y alcance.
  - Especificaciones Técnicas de sistemas de control.
  - Fichas Técnicas de sistemas de control.

#### i. Certificación técnica:

- Especificaciones Técnicas del proyecto iluminación interior.
- Fichas Técnicas de luminarias.
- Al menos una certificación técnica de seguridad y una ambiental, según se indica en metodología.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### j. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

#### l. Iluminación eficiente en la instalación de faena:

- Checklist N° 2b, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:



- Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6 emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Fichas técnicas de los equipos y lámparas correspondientes.
  - Etiquetado energético SEC.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Facturas de compra de los equipos, lámparas y accesorios de los circuitos de iluminación.
  - Planos As-built del proyecto de iluminación y eléctrico completo indicando claramente los circuitos.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### k. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar, al año de operación, el cumplimiento de los requerimientos especificadas en el proyecto y recepcionadas en obra.
- En caso de la existencia de una administración se deberá documentar los horarios o procedimientos implementados para optimización del uso de la iluminación artificial.
- Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas de iluminación, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3.
- Verificación de que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología.

## NOTAS

- **Certificación TÜV (Technischer Überwachungs-Verein):** Certificación alemana que garantiza que los productos cumplen con altas exigencias en parámetros de sostenibilidad y protección medioambiental. Disponible en: <http://www.tuv-sud.es/>.
- **Marca CE (Conformité Européenne):** Marca por parte del fabricante, que garantiza que los productos cumplen con los requisitos legales y técnicos en materia de seguridad de los estados miembros de la Unión Europea. Disponible en: <http://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/>.

- **Certificación RoHS (Restriction of use of Hazardous Substances):** Certificación de la Unión Europea que garantiza que los productos eléctricos y electrónicos no contienen plomo u otras sustancias peligrosas, tanto para las personas como para el medioambiente. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32002L0095>.

- **Certificación UL (Underwriters Laboratories):** Certificación de EEUU que garantiza que los productos han sido testeados por un laboratorio de pruebas reconocido nacionalmente (Nationally Recognized Testing Laboratory, o NRTL), cumpliendo con las normas de seguridad generalmente aceptadas para el producto. Disponible en: <https://www.osha.gov/dts/otpc/nrtl/index.html>.

- **Certificación FCC (Federal Communications Commission):** Certificación de EEUU que garantiza que los productos eléctricos cumplen con una limitación en las emisiones electromagnéticas, reduciendo las interferencias electromagnéticas dañinas. Disponible en: <https://www.fcc.gov/>.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

A la fecha de publicación del presente documento, no existen normativas ni reglamentos que regulen la eficiencia energética de la iluminación interior del sector residencial en Chile.

## DEFINICIONES

- **Balastos electrónicos de alto factor de potencia:** Circuitos auxiliares que limitan la corriente a un valor determinado para cada lámpara. Se caracterizan por encender las lámparas de descarga en alta frecuencia (sobre 20KHz), lo que se traduce en la eliminación del parpadeo de la lámpara en el encendido y el ruido audible, aumentando su rendimiento, control de la potencia de salida, mayor vida útil y reducido volumen (Aenor, 2004).

- **Rendimiento luminoso (lm/W):** El rendimiento luminoso o coeficiente de eficacia luminosa de una fuente de luz, indica el flujo luminoso que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Su unidad de medida es el lumen por Watt (lm/W) (IES, 2010).



• **Índice de protección IP:** Sistema de clasificación alfa-numérica de los diferentes grados de protección aportados al equipamiento eléctrico y electrónico, por los contenedores que resguardan los componentes del equipo. Un grado de protección IPXX indica lo siguiente:

- Las letras IP indican al estándar (del inglés: Ingress Protection o Protección de ingreso).
- El valor del primer dígito indica el nivel de protección ante cuerpos extraños (polvo).
- El valor del segundo dígito indica el nivel de protección frente a líquidos (agua) (IES, 2010).

• **Densidad de potencia ( $W/m^2$ ):** La densidad de potencia indica la potencia eléctrica consumida por unidad de superficie. Su unidad de medida es Watt por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) (IES, 2010).

• **Reguladores de luz:** Dispositivos utilizados para atenuar el brillo de una fuente luminosa, mediante la modificación de la forma de onda por un cambio de tensión aplicado a la lámpara. También se le denomina dimer (del inglés: Dimmer) (IES, 2010).

• **Detectores de movimiento:** Dispositivos utilizados para encender o apagar un centro luminoso (luminaria o grupo de luminarias). Funcionan registrando la radiación térmica (detector infrarrojo) o el sonido (detector ultrasónico) de su entorno o zona de detección. Si se registra algún cambio en la zona de detección, el detector de movimiento lo transforma en una señal eléctrica mensurable y el centro luminoso se enciende (IES, 2010).

• **Fotosensores:** Sensor integrado en la luminaria, que mide de manera continua los niveles de iluminancia (lux) que hay por debajo de ella. El sensor regula la emisión del flujo luminoso de la lámpara en función de los niveles de iluminancia totales que detecta: A mayores niveles de iluminación natural, menor flujo luminoso emite la luminaria, y por tanto, menos potencia eléctrica consume (IES, 2010).

• **Circuito de combinación escalera 9-24:** Circuito de alumbrado que permite controlar, desde dos puntos diferentes, los estados de encendido y apagado de un centro luminoso (luminaria o grupo de luminarias). Se utiliza principalmente en escaleras, pasillos y habitaciones con doble acceso, entre otros (SEC, 2003).

• **Lumen (lm):** Unidad de medida del flujo luminoso emitido por una fuente de luz. El flujo luminoso contempla la sensibilidad de percepción del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de la luz, o espectro visible (380-780 nm), discriminando la radiación electromagnética que no es visible por el ojo humano (IES, 2010).

## REFERENCIAS

- SSL, 2008. The SSL Lighting Handbook. The Society of Light and Lighting. CIBSE (Chartered Institute of Building Service Engineers). Reino Unido.
- BS, 2008. Norma BS 8206-2:2008 Lighting for buildings. Code of practice for daylighting.
- Ashrae, 2010. ANSI/Ashrae 90.1-2016 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings).
- SEC, 2003. Norma Chilena Eléctrica 4/2003. Electricidad en instalaciones de consumo en baja tensión, Chile.
- Aenor, 2004. Norma UNE 20460-5-523:2004. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Categoría 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- Schneider, 2008. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Según normas internacionales IEC. Schneider Electric. España.
- IES, 2010. 10th Edition Of The Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society. USA.
- SEC, 2003. NCh ELEC. 4/2003. Electricidad en instalaciones de consumo de baja tensión. Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Chile.



## 2.3.4 ESTÁNDARES PARA ILUMINACIÓN EXTERIOR

### OBJETIVO

Reconocer y promover la especificación y operación de artefactos de iluminación eficientes para áreas exteriores.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, ampliaciones y alteraciones, en proyectos colectivos o viviendas unifamiliares con superficie por sobre 140 m<sup>2</sup> construidos, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):

- Cumplir con el requerimiento “b” del numeral 2.3.3.

##### b. Rendimiento luminoso:

- Cumplir con el requerimiento “c” del numeral 2.3.3.

##### c. Índice de protección IP:

- Especificar equipos de iluminación con índice de protección IP adecuados según su ubicación indicadas en la Tabla 2.33 (valores mínimos recomendados por recinto). Para información adicional, refiérase a la Tabla 2.31.

##### d. Desempeño energético (W/m<sup>2</sup>):

- Especificar iluminación exterior de baja densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>), para valores máximos recomendados por recinto refiérase a la Tabla 2.34.

##### e. Impacto ambiental:

- Cumplir con el requerimiento “f” del numeral 2.3.3.

##### f. Alimentación por energía solar fotovoltaica:

- Cumplir con el requerimiento “g” del numeral 2.3.3.

##### g. Sistemas de control

- Cumplir con el requerimiento “h” del numeral 2.3.3.

##### h. Contaminación lumínica:

- Cumplir con el requerimiento “a” del numeral 5.1.5 Contaminación Lumínica, de la Categoría Impacto Ambiental, del presente documento.

##### i. Requerimientos mínimos de iluminancia:

- Cumplir con el requerimiento “e” del numeral 1.1.4 “Confort lumínico de la Categoría Salud y Bienestar.

##### j. Certificación técnica

- Cumplir con el requerimiento “i” del numeral 2.3.3.

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### k. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras en las partidas vinculadas al presente numeral.

##### l. Iluminación eficiente en la instalación de faena:

- En la instalación de faena se deberán utilizar tecnologías de iluminación artificial eficientes basadas en los requerimientos descritas en la etapa de diseño del presente numeral.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### m. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño enfocados en velar por que los equipos estén operando de acuerdo a lo proyectado y recepcionado.

## METODOLOGÍA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

Además de los requisitos establecidos en el presente documento, se deberá cumplir con los siguientes documentos normativos chilenos:

- Minenergía, 2014. D.S.01 del 2014. Reglamento de Alumbrado Público de Vías de Transito Vehicular. Ministerio de Energía Chile.
- Minenergía, 2015. D.S.51 del 2015. Reglamento de Alumbrado Público de Bienes Nacionales de Uso Público Destinados a Transito Peatonal. Ministerio de Energía Chile.



- SEC, 2003. NCh ELEC 4/2003. Electricidad en instalaciones de consumo de baja tensión. Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Chile.

Como requerimiento general, se deberá desarrollar:

- Planos de iluminación exterior y sistemas de control, a escala máxima de 1:200, indicando ubicación y altura de los equipos.
- Planos de instalación eléctrica, a escala máxima de 1:200, indicando claramente los circuitos zonificados por uso y/o optimización de iluminación artificial.
- Especificaciones de luminarias, equipos, sistemas de control y accesorios, indicando su eficiencia en lumen por Watt de circuito, para todas las lámparas, junto con los sistemas de control aplicables a cada artefacto o grupo de artefactos.
- Informe con resultados de simulación que demuestren el cumplimiento de los estándares mínimos indicados en las Tablas anteriores.
  - Documento con curvas fotométricas de todos los equipos de iluminación exteriores de acuerdo a su posición, orientación e instalación. Refiérase al numeral 5.1.3 de la Categoría Impacto Ambiental, del presente documento.
  - Especificaciones y fichas técnicas de sensores de movimiento seleccionados.

**a. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):**

- Cumplir con la metodología del requerimiento “b” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**b. Rendimiento luminoso:**

- Cumplir con la metodología del requerimiento “c” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**c. Índice de protección IP:**

- Especificar equipos de iluminación y lámparas que cumplan, como mínimo, con los grados de protección IP especificados a continuación:

**TABLA 2.32: ÍNDICE DE PROTECCIÓN IP MÍNIMO RECOMENDADO POR RECINTO**

RECINTO	GRADO DE PROTECCIÓN IP
Patios y terrazas cubiertas	IP44
Bodegas	IP21
Estacionamientos	IP21
Patios y terrazas	IP55

Fuente: Elaboración propia, basada en Norma UNE 20460.

**d. Desempeño energético (W/m<sup>2</sup>):**

- Desarrollar el proyecto de iluminación exterior indicando densidad de potencia sobre las áreas iluminadas.
- Completar planilla de cálculo 02 del Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de la densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>) para cada área exterior iluminada.

**TABLA 2.33: DENSIDADES DE POTENCIA MÁXIMAS EN ILUMINACIÓN EXTERIOR DE EDIFICIOS**

RECINTO EXTERIOR	DENSIDAD DE POTENCIA LUMÍNICA (W/m <sup>2</sup> )
Paisajismo	0,53
Marquesina de entrada	2,7
Entradas y salidas de edificios (por ml de puerta)	66 W/ml
Estacionamientos descubiertos	1,6
Caminos peatonales, menores de 3 m de ancho	2,3
Fachada de la edificación	8,2
Bajo toldos o aleros	13,5
Otros exteriores	

Fuente: Tabla 9.4.3b ANSI/Ashrae 90.1-2016.

**e. Impacto ambiental:**

- Cumplir con la metodología del requerimiento “f” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**f. Alimentación por energía solar fotovoltaica:**

- Cumplir con la metodología del requerimiento “g” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**g. Sistemas de control:**

- Cumplir con la metodología del requerimiento “h” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.
- Los equipos de iluminación exterior deberán ser controlados mediante temporizadores o interruptores fotoeléctricos; y detectores de movimiento, a modo de optimizar su operación durante las horas de uso.

**h. Contaminación lumínica:**

- Cumplir con la metodología del numeral “5.1.5 Contaminación Lumínica” de la Categoría Impacto ambiental, del presente documento.



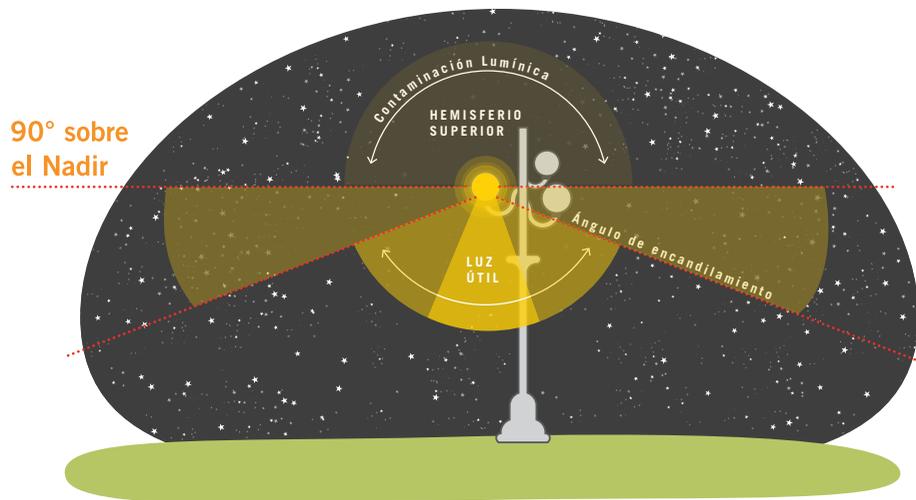


Ilustración N°17

#### i. Requerimientos mínimos de iluminancia:

- Cumplir con metodología del requerimiento “e” del numeral 1.1.4 “Confort lumínico de la Categoría Salud y Bienestar.

#### j. Certificación técnica:

- Cumplir con el requerimiento “i” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### k. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras en las partidas vinculadas al presente numeral.

#### l. Iluminación eficiente en la instalación de faena:

- En la instalación de faena se deberán utilizar tecnologías de iluminación artificial eficientes basadas en los requerimientos descritos en la etapa de diseño del presente numeral.

Ilustración N°17:  
Condiciones óptimas para diseño de iluminación exterior

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### m. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, enfocados en velar por que los equipos estén operando de acuerdo a lo proyectado y recepcionado.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes antecedentes en caso que corresponda:

#### Documentos requeridos para todas los requerimientos de diseño:

- Informe de iluminación artificial exterior, con los resultados de los cálculos o simulaciones.
- Planos de iluminación, a escala máxima de 1:200, según se indica en metodología.
- Planos de instalación eléctrica, a escala máxima de 1:200, indicando claramente los circuitos zonificados por uso y/o por optimización de iluminación artificial en función de la iluminación natural de los recintos.
- Especificaciones de luminarias, equipos, sistemas de control y accesorios.

#### a. Proporcionar iluminación artificial eficiente (en áreas comunes y no comunes):

- Cumplir con el requerimiento “b” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

#### b. Rendimiento luminoso:

- Cumplir con el requerimiento “c” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

#### c. Índice de protección IP:

- Especificaciones Técnicas y fichas de todas las lámparas.

#### d. Desempeño energético (W/m<sup>2</sup>):

- Proyecto de iluminación, indicando densidad de potencia por recinto.
- Planillas de cálculo O2 del Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>) por cada recinto interior para cada lámpara instalada según requerimientos y metodología.



**e. Impacto ambiental:**

- Certificados que demuestren que la lámpara no cuenta con componentes tóxicos según se indica en metodología.
- Fichas técnicas de luminarias exteriores.

**f. Alimentación por energía solar fotovoltaica:**

- Cumplir con metodología del requerimiento “g” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**g. Sistemas de control:**

- Cumplir con el requerimiento “h” del numeral 2.3.3 de la presente Categoría.

**h. Contaminación lumínica:**

- Cumplir con numeral “5.1.5 Contaminación Lumínica” de la Categoría Impacto ambiental, del presente documento.

**i. Requerimientos mínimos de iluminancia:**

- Cumplir con el requerimiento “e” del numeral 1.1.4 “Confort lumínico de la Categoría Salud y Bienestar.

**j. Certificación técnica:**

- Cumplir con el requerimiento “i” del numeral 2.3.3.

**EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:****k. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:****l. Iluminación eficiente en la instalación de faena:**

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante y debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Copia de las facturas de compra de los equipos, lámparas y accesorios de los circuitos de iluminación.
  - Fichas técnicas de los equipos, sensores y lámparas correspondientes.
  - Etiquetado energético SEC.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Planos as-built del proyecto de iluminación y eléctrico completo indicando claramente los circuitos.

- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento de lo indicado en el requerimiento.

**EN ETAPA DE OPERACIÓN:****l. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:**

- Checklist N° 2C, para verificar, al año de operación, el cumplimiento de los requerimientos especificadas en el proyecto y recepcionadas en obra; contar con los siguientes documentos:
  - Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas de iluminación, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3.
  - En caso de la existencia de una administración, se deberá documentar los horarios o procedimientos implementados para optimización del uso de la iluminación artificial.
  - Verificar que los residentes cuenten con el “Manual de Usuario de la Vivienda”, según metodología.

**NOTAS**

- Las lámparas fluorescentes tubulares y compactas típicamente cumplen con este requerimiento. Las lámparas GLS tungsteno con conexión de bayoneta, lámparas halógenas de tungsteno o con base de tornillo Edison no cumplen con este requerimiento.

**CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL**

- A la fecha de publicación del presente documento, existen diferentes normativas de iluminación exterior que regulan circulaciones peatonales, vehiculares, contaminación lumínica e instalaciones eléctricas, las cuales se usaron como referencia para el presente documento



## DEFINICIONES

- **Artefactos con un controlador integrado exclusivo:** Son todos los artefactos apropiados como; lámpara, base; equipo de control y una carcasa; reflector; pantalla o difusor. Este artefacto es exclusivo, en el sentido que solo puede contener lámparas con una eficacia lumínica mayor de 40 lúmenes por Watt de circuito. El artefacto puede contener una o más lámparas (Aenor, 2004).
- **Fotocelda (sensor de luz diurna):** Sensor que se acciona mediante la intensidad de luz incidente, utilizado como interruptor fotoeléctrico (Aenor, 2004).
- **Fotoceldas integradas:** Dispositivo electrónico integrado en la luminaria, capaz de producir corriente eléctrica al ser expuesto a la luz ambiental. Este efecto permite producir el voltaje suficiente para recargar una batería, permitiendo el encendido de la fuente de luz durante la noche y su apagado durante el día, mediante un (interruptor fotoeléctrico) (Aenor, 2004).
- **Interruptor fotoeléctrico:** Dispositivo electrónico integrado en la luminaria, que detecta la luz ambiental mediante fotoceldas integradas, y permite el encendido y apagado automático de la fuente de luz (Aenor, 2004).
- **Interruptor de tiempo:** Interruptor con un reloj integrado para encender y apagar en tiempos programados (Aenor, 2004).
- **Temporizador:** Sistema de control de tiempo que se utiliza para abrir y cerrar un circuito eléctrico (encender y apagar centros luminosos) en momentos predeterminados del día. Puede funcionar mediante programación manual o astronómica (Aenor, 2004).

## REFERENCIAS

- Aenor, 2004. Norma UNE 20460-5-523:2004, Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Categoría 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- Ashrae, ANSI/Ashrae 90.1-2016 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings).
- BS, 2008. Norma BS 8206-2:2008 Lighting for buildings. Code of practice for daylighting.
- IES, 2010. 10th Edition Of The Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society. USA.
- MMA, 2012. DS. N° 43/12 “Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica, Ministerio del Medio Ambiente, Chile.

- MEFR, 1998. D.S. N° 686 Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Minenergía, 2014. D.S.01 del 2014. Reglamento de Alumbrado Público de Vías de Transito Vehicular. Ministerio de Energía Chile.
- Minenergía, 2015. D.S.51 del 2015. Reglamento de Alumbrado Público de Bienes Nacionales de Uso Público Destinados a Transito Peatonal. Ministerio de Energía Chile.
- Schneider, 2008. Guía de diseño de instalaciones eléctricas, según normas internacionales IEC. Schneider Electric. España.
- SEC, 2003. NCh ELEC 4/2003. Electricidad en instalaciones de consumo de baja tensión. Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Chile.
- SSL, 2008. The SSL Lighting Handbook. The Society of Light and Lighting. CIBSE (Chartered Institute of Building Service Engineers). Reino Unido.



## 2.3.5 SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

### OBJETIVO

Promover el uso de energías renovables que suministren una proporción del consumo de energética de una edificación, fomentando la generación distribuida y el autoabastecimiento.

### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar mínimo para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Aporte en energías renovables:

- Velar por que las tecnologías de energías renovables suministren al menos el 10% del consumo energético total de la vivienda en zona urbana al 2020, el 20% al 2030 y 50% al 2050, mediante el suministro de electricidad, calefacción de espacios o de agua caliente sanitaria.
- En el caso de las viviendas en zonas rurales se solicita suministrar como mínimo del total de la energía requerida un 20% al 2020, el 30% al 2030 y 50% al 2050.

##### b. Certificaciones:

- Los equipos deberán contar con las certificaciones de seguridad y desempeño correspondientes, emitidas por laboratorios autorizados por la SEC, o a través de certificaciones reconocidas a nivel internacional (ISO, IEC, CE, entre otras).

#### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

##### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

##### d. Aporte en energías renovables en obra:

- Uso de un mínimo de 10% de energía renovable en la instalación de faena para electricidad, calefacción de espacios o de agua.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Verificar, al año de operación, el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, enfocados en que los sistemas de energías renovables estén operando correctamente y que se estén logrando los ahorros proyectados en etapa de diseño.

### METODOLOGÍA

- Las energías renovables que se pueden implementar en edificación residencial incluyen:

1. Sistemas Solares Térmicos (SST)
2. Sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV)
3. Sistemas Eólicos
4. Sistemas de cogeneración de calor y energía
5. Sistema de calefacción con geotermia de baja entalpía
6. Biomasa
7. Mini o micro hidro

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Aporte en energías renovables:

- Evaluar el desempeño del sistema de generación utilizando datos climatológicos validados por el Ministerio de Energía.
- El desarrollo de los proyectos de energía renovable debe ser impulsado por profesionales competentes que demuestren preparación técnica y/o experiencia en estos temas.

##### 1. *Sistemas Solares Térmicos (SST):*

- El dimensionamiento del Sistema Solar Térmico se hará de acuerdo a la metodología y los parámetros establecidos en la “Norma Técnica” de la ley N° 20.365, para lo cual podrá utilizar la herramienta de cálculo (método f-chart) dispuesta por el Ministerio de Energía.



- La contribución solar mínima, respecto al nivel de radiación solar de la comuna donde esté ubicada en la vivienda será de acuerdo a la siguiente Tabla:

**TABLA 2.34: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS**

RADIACIÓN GLOBAL MEDIA ANUAL (H)	CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA
[ kWh/m <sup>2</sup> /año ]	[ % ]
1948 ≤ H	75
1791 ≤ H < 1948	66
1454 ≤ H < 1701	57
1208 ≤ H < 1454	48
961 ≤ H < 1208	39
961 < H	30

Fuente: Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365.

- Se debe contemplar un sistema de respaldo dimensionado de manera que permita satisfacer la demanda de ACS en los momentos en que el recurso no esté disponible. El sistema de respaldo debe cumplir con los requerimientos para sistemas de generación de ACS de la numeral 2.3.1 del presente documento.
- Sin perjuicio de lo anterior, el volumen de acumulación deberá ser optimizado para una temperatura de uso aproximada de 45°. En el caso de los sistemas solares, se recomienda utilizar entre 40 y 70 litros de acumulación por cada metro cuadrado de colector instalado.
- Las ciudades que estén al sur de Concepción favorecerán la utilización de colectores solares del tipo “Tubos al Vacío” tanto para agua caliente sanitaria como para calefacción.
- Las ciudades que estén al norte de Concepción favorecerán la utilización de colectores solares del tipo plano para agua caliente sanitaria y tipo Heat-Pipe para calefacción.
- Herramienta de cálculo f-chart. Disponible en: [http://www.programasolar.cl/images/stories/documentos/algoritmo\\_fchart%20v3.xls](http://www.programasolar.cl/images/stories/documentos/algoritmo_fchart%20v3.xls)

## 2. Sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV):

- Los sistemas que inyecten a la red deben estar diseñados de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos por la “Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión” de la ley 20.571.
- Se recomienda realizar un análisis técnico, económico y ambiental que permita hacer una comparativa de las ventajas o desventajas de utilizar baterías que

permitan el almacenamiento de energía, versus la inyección de electricidad a la red.

- Los módulos deberán contar al menos con las certificaciones IEC 61216 o IEC 616146 y con IEC 61730, que se explican en “Notas”.

## 3. Sistemas Eólicos:

- Se favorecerá la implementación de sistemas eólicos en las locaciones que tengan un factor de planta  $\geq 0,25$  de acuerdo a la herramienta “Explorador Eólico” del Ministerio de Energía, a menos que un análisis técnico y económico muestre su ventaja competitiva con respecto a otra tecnología como la fotovoltaica.
- Los sistemas eólicos para uso residencial se utilizarán preferentemente en sectores rurales con baja densidad poblacional. Solo se utilizará en sectores urbanos cuando existan mediciones que demuestren que la velocidad del viento es la adecuada para cumplir con un factor de planta  $\geq 0,25$ .

- Los sistemas que inyecten a la red deben estar diseñados de acuerdo a los requerimientos técnicos que establezca la “Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión” de la ley 20.571.

## 4. Sistemas de Cogeneración de Calor y Energía:

- Los sistemas de cogeneración a nivel distrital, deberán tener un rendimiento de al menos un 80%.
- Los sistemas de micro cogeneración (micro CHP) deberán tener un rendimiento de al menos un 90%.
- Los sistemas que inyecten a la red deben estar diseñados de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos por la “Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión” de la ley 20.571.
- La factibilidad y la tecnología de generación para los sistemas de cogeneración serán determinados de acuerdo a la relación entre la demanda de calor y la demanda de electricidad y sus precios, de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética en la “Guía para la Calificación del Potencial de Cogeneración”, o bien, de acuerdo a los lineamientos de Combined Heat and Power Partnership de la Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/chp>. Consultado el 03.08.16.
- Documentos técnicos de referencia.



### 5. Sistema de calefacción con geotermia de baja entalpía:

- Las eficiencias y requerimientos de los sistemas de climatización que utilicen la tierra como fuente/sumidero de calor serán los indicados en los numerales 2.3.1 y 2.3.2 como “Bomba de calor suelo-aire o suelo-agua”.
- Los sistemas de baja entalpía deberán estar diseñados en conjunto con una distribución que requiera bajas temperaturas (como losa radiante o radiadores trabajando a bajas temperaturas) en conjunto con un alto estándar de aislación y hermeticidad de la vivienda.
- Para la implementación de geotermia a escala residencial, se recomienda el uso de “Guía Técnica: Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado”, de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR).
- Disponible en: <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>.



Ilustración N°18

Ilustración N°18:  
Casa con sistema solar térmico, sistema fotovoltaico y geotermia.

### 6. Biomasa:

- Las calderas y calefactores a biomasa deberán cumplir con los requisitos establecidos en ella numeral 2.3.1 del presente documento y con los niveles de emisión indicados en el requerimiento “b” del numeral 1.1.1 “Calidad del ambiente interior,” y el requerimiento “c” del numeral 5.1.1 “Material Particulado y otros Contaminantes del Aire a Escala Local,” del presente documento.
- Cuando existan planes de descontaminación ambiental u otras normativas que pudieran restringir el uso de biomasa o requerir mayores exigencias sobre la eficiencia y el nivel de emisiones de calefactores o calderas que utilicen biomasa, estas predominarán por sobre los requerimientos del código de construcción sustentable.
- Se debe procurar el uso de leña certificada para la operación de calderas y/o calefactores.

### 7. Mini o Micro Hidro:

- Los sistemas que inyecten a la red deben estar diseñados de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos por la normativa técnica de la Ley 20.571.
- Se recomienda realizar análisis técnicos, económicos y ambientales que permitan hacer una comparativa de las ventajas o desventajas de utilizar baterías que permitan el almacenamiento de energía, versus la inyección de electricidad a la red.
- Se debe considerar la distancia entre la planta y el lugar de consumo, de manera que la caída de voltaje permita que este se mantenga dentro de los límites establecidos por la NCh 4. Si la caída de voltaje debida a la transmisión no permite esto, se debe instalar un transformador.
- Se deberán realizar los estudios previos de caudal, descarga y altura de caída para determinar las características de la turbina.
- Preferentemente se diseñará el sistema para un factor de planta mayor a 80% y para el mayor factor de carga posible.

#### b. Certificaciones:

- Los equipos deberán contar con las certificaciones de seguridad y desempeño correspondientes, emitidas por laboratorios autorizados por la SEC, o a través de certificaciones reconocidas a nivel internacional, tales como ISO, IEC, CE, entre otras.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar la calidad de la construcción en cuanto a lo requerido en la etapa de diseño.



- Llevar a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en el requerimiento con respecto a la calidad de técnica de los equipos, la instalación y puesta en marcha del sistema. Esta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes y con las fechas en las que fueron tomadas. Esta deberá ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante en el libro de obras. El fin de la bitácora es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para cumplimiento de los estándares constructivos.

- La instalación debe ser realizada por unpersonal competente aprobado por la SEC.
- La instalación debe ser específica para el sistema y realizarse según instrucciones del fabricante.

#### d. Instalación y puesta en marcha:

- Se deberán realizar pruebas y ajustes de puesta en marcha del sistema para determinar posteriormente la correcta operación de este, según norma ANSI/ARI/Ashrae ISO 13256-1:1998 (2015).
- Se deberán verificar, cuando corresponda, las presiones de trabajo, las temperaturas de acumulación, las temperaturas de ida y retorno.
- Se deberán registrar los resultados de funcionamiento del sistema y las pruebas realizadas.

### ETAPA DE OPERACIÓN:

#### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C para verificar que el sistema esté operando en las mismas condiciones en las que fue proyectado y recepcionado. Por otro lado, se deberá adjuntar:
  - Un informe del monitoreo mensual de acuerdo a metodología del numeral 2.4.1 para la etapa de operación.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante; debe contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:

#### a. Aporte en energías renovables:

- Informe de cálculos o simulación dinámica del aporte energético conseguido a través de la utilización de energías renovables. El informe debe indicar los datos climáticos utilizados para la simulación y los parámetros técnicos utilizados.
- Especificaciones Técnicas del sistema de energía renovable propuesto.
- En el caso de inyectar electricidad a la red, se deben presentar los formularios de conexión solicitados a la SEC.

#### b. Certificaciones:

- Certificados de cumplimiento de normativas de seguridad, rendimiento y otros; emitidos por organismos de certificaciones nacionales o internacionales.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante; debe contar con los siguientes documentos, en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita, validada por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Fichas técnicas de los equipos.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Planos as-built del proyecto.
  - Informe favorable ITO de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa, para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar, al año de operación, el cumplimiento del requerimiento. Se debe contar con los siguientes documentos:
  - Informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas, de acuerdo a evidencia requerida en el numeral 2.4.1 para etapa de operación.



- Control sobre mantención periódica de los sistemas de energías renovables, según lo solicitado en el Anexo 5.4 numeral 3.
- Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 “Manual de Usuario de la Vivienda” de la Categoría Salud y Bienestar del presente documento.

## NOTAS

- La SEC es la institución a cargo del registro, acreditación y control de la implementación de sistemas de energía renovable. Actualmente, está creando un registro de equipos autorizados, y se espera que los técnicos instaladores también se registren.

## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

- A la fecha de la publicación del presente documento se cuenta con instrumentos que regulan las instalaciones para el sector residencia, principalmente de energía solar térmica y fotovoltaica.

## DEFINICIONES

- **Colector solar plano:** Colector diseñado para aplicaciones de aprovechamiento térmico con temperaturas inferiores a 100°C. En estos, la radiación solar incidente sobre la cubierta transparente alcanza al absorbedor que transfiere la energía al fluido de trabajo (Minvu).
- **Colector solar de tubos al vacío:** Están conformados por tubos de vidrio en cuyo interior se produce el vacío, el cual funciona como un aislante térmico disminuyendo significativamente las pérdidas de calor por conducción y convección (Minvu).
- **Colector solar Heat Pipe:** El tubo de vacío lleva en su interior una placa absorbidora de cobre-aluminio con un tubo hueco cerrado por los dos extremos, sometido también al vacío y con una pequeña cantidad de una mezcla de alcohol dentro del mismo. Al calentarse, esta mezcla se evapora ascendiendo hasta el extremo de menor temperatura, donde se enfría al ceder su calor al agua del circuito primario. Posteriormente, se condensa y desciende de nuevo por gravedad (Minvu).
- **Cogeneración:** La cogeneración o CHP (por las siglas de Combined Heat and Power), es la generación simultánea de energía mecánica o electricidad y energía térmica útil, a partir de una fuente de energía (AChEE). Existen diversas tecnologías para poder lograr esto, tales como: turbinas de vapor, turbinas a gas y motores diésel. El uso de la cogeneración a nivel local supone un ahorro de energía debido a que se evitan las pérdidas por transporte de electricidad desde las centrales.

- **Micro CHP:** Corresponden a tecnologías de cogeneración de potencias pequeñas, aptas para el uso residencial y que llegan a potencias de hasta 50 kW.

- **Factor de planta:** Es la relación entre la energía que el sistema efectivamente aporta durante un año, versus la energía que podría generar funcionando en condiciones nominales. Por ejemplo, una central de 1 MW de potencia nominal debería generar durante las 8.760 horas del año 8.760 MWh (8.760 hrs x 1 MW), pero dadas las condiciones de viento para un año particular generó solo 0,3 MWh, por lo que su factor de planta es de 0,3 MWh/1MWh = 0,3.

## REFERENCIAS

### Generales:

- Falvey M. & Ibarra M. 2014 Energías Renovables en Chile – El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. Ministerio de Energía de Chile.

### 1. Sistemas Solares Térmicos (SST):

- Minvu, 2014. Itemizado Técnico Para Sistemas Solares Térmicos – Minvu. Chile.
- Minvu, Manual de Sistemas Solares Térmicos. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile.
- Minenergía, 2010. Decreto 331. 2010. Aprueba Reglamento de la Ley N° 20.365, que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos. Ministerio de Energía. Chile.
- Minenergía, 2010. Resolución Exenta N° 502, Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los sistemas solares térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365.
- CDT, 2007. Sistemas Solares Térmicos. Manual de diseño para el calentamiento de agua. Chile.

### 2. Sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV):

- Minenergía, 2014. Norma técnica, conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión de Ley 20.571. Ministerio de Energía. Chile.

### 3. Sistemas Eólicos:

- Minenergía. Explorador eólico. Ministerio de Energía. Disponible en: <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>. Consultado el 03.08.16.
- Minenergía, 2014. Norma técnica, conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión de ley 20.571. Ministerio de Energía. Chile.
- Chilerenovables, 2016. Disponible en: <http://www.chilerenovables.cl/sepa-lo-que-es-el-factor-de-planta-de-una-central-electrica/>



#### 4. **Sistemas de Cogeneración Eficiente:**

- Combined heat and power partnership, United States Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/chp/project-development/stage1.html> Consultado el 03.08.16.
- AChEE. Plataforma de apoyo para el desarrollo de la Cogeneración Eficiente, Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Chile. Disponible en: <http://www.cogeneracioneficiente.cl>. Consultado el 03.08.16.
- AChEE. Guía para la Calificación del Potencial de Cogeneración. Plataforma de apoyo para el desarrollo de la Cogeneración Eficiente, Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Chile. Disponible en: <http://www.cogeneracioneficiente.cl/guia-evaluacion-proyecto/>. Consultado el 03.08.16.

#### 5. **Geotermia:**

- Atecyr, 2012. “Guía técnica: Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado”, de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). España. Disponible en: [http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion\\_14\\_Bomba\\_%20de\\_calor\\_geotermica\\_09.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion_14_Bomba_%20de_calor_geotermica_09.pdf)

#### 6. **Biomasa:**

- Minenergía, 2014. Guía práctica para el buen uso de la leña. Ministerio de Energía. Chile.
- MMA, 2014. Planes de descontaminación. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

## 2.4 PLAN DE GESTIÓN Y MONITOREO ENERGÉTICO EN OPERACIÓN

### 2.4.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA ENERGÍA

#### OBJETIVO

Promover la especificación de equipos y/o sistemas que exhiban información sobre su consumo energético horario, incentivando a que los ocupantes de viviendas reduzcan su consumo energético.

#### REQUERIMIENTOS

Para dar cumplimiento al estándar para construcciones nuevas, alteraciones y ampliaciones, se debe:

##### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Sistemas de medición de consumo de energía:

- Especificar medidores inteligentes (Smart Metering) para el monitoreo de energía (electricidad, gas u otro combustible).
- El sistema debe medir, acumular y transmitir información sobre el consumo de energía a una unidad de visualización de fácil lectura para los ocupantes.

##### b. Sistemas de medición de eficiencia energética para calefacción:

- Temperaturas de ida y retorno.
- Caudal de fluidos caloportadores.
- Radiación solar, en el caso de utilizar sistemas de energía solar.
- En los sistemas centralizados de calefacción, se deberá instalar un calorímetro que permita determinar la entrega de energía del sistema de calefacción/ACS.
- En los sistemas centralizados se deberá considerar un caudalímetro independiente que permita determinar el caudal de ACS generado.

##### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

- c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:



- Verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa de diseño, fortaleciendo la inspección de obras sobre las partidas vinculadas al presente requerimiento.

#### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

##### d. Monitoreo:

- Al año de operación, verificar el cumplimiento de los requerimientos de eficiencia energética de equipos y/o sistemas de calefacción, enfriamiento, energías renovables e iluminación, mediante un informe del monitoreo mensual de los sistemas con los que cuenta la vivienda.

## METODOLOGÍA

#### EN ETAPA DE DISEÑO:

##### a. Sistemas de medición de consumo de energía:

- Suministrar un sistema de monitoreo de consumo de energía, ya sea gas, electricidad u otro combustible. Para esto, se deberá proveer de monitores capaces de realizar mediciones horarias como mínimo, almacenando información en una base de datos disponible tanto en línea como almacenada en formato físico al interior de la vivienda.
- Se requiere que el sistema entregue reportes resumidos de fácil lectura, que ayuden al ocupante a identificar equipos de mayor consumo y limitar su uso.
- En caso de que el monitoreo de energía tenga comunicación de datos a través de internet, se deberá consultar a la administración de la plataforma [www.renam.cl](http://www.renam.cl), sobre la compatibilidad del monitor para incorporación de los datos a la plataforma, con el fin de beneficiar a la comunidad con información valiosa para realizar estudios relacionados con la eficiencia energética y el bienestar de las personas.

##### b. Sistemas de medición de eficiencia energética para calefacción:

- El sistema de monitoreo deberá considerar la medición del consumo de energía a través de la medición del suministro de combustible o electricidad del equipo. Esta se debería realizar por separado de la medición de consumo de combustible que se realiza para el hogar.
- El sistema de monitoreo deberá registrar la energía térmica suministrada por el sistema, a través de la medición de caudales generados y temperaturas de entrega.
- El sistema de monitoreo deberá medir alguna variable independiente para luego poder comparar los consumos en el periodo de medición versus los consumos

proyectados. En el caso de los equipos para calefacción y/o climatización, esta variable corresponde a la temperatura exterior.

TABLA 2.35: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS REQUERIDAS PARA LOS EQUIPOS DE MONITOREO

PARÁMETRO	VALOR
Precisión	± 5% del valor medido o menor
Rango de operación	-10°C a 50 °C 5 a 95% humedad relativa
Tiempo de respuesta	10 minutos o menos
Capacidad de almacenamiento	8760 datos o más Si posee capacidad de transmitir datos no es requisito el almacenamiento.
Transmisión de datos	LAN, WLAN, RS232,USB

Fuente: Elaboración propia, basada en mínimos recomendados por el IPMVP y en dispositivos en el mercado.

- El sistema deberá medir y transmitir información sobre el consumo de energía a una unidad de visualización de fácil lectura para el usuario común. Se recomienda la instalación de medidores que puedan acumular datos (smart meters), para análisis de datos anuales.
- El sistema de monitoreo deberá ser diseñado por un profesional competente, idealmente certificado por la SEC o a través del “International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)”.
- Los medidores deberán cumplir con las normas de seguridad de la Unión Europea, del capítulo 10.2 de IPMVP.
- Las características técnicas mínimas para los equipos de monitoreo deberán ser las siguientes:
  - Se recomienda una frecuencia de muestreo de al menos una hora.
  - A excepción de los medidores que entreguen información a una red LAN, estos deberán tener un consumo de energía y una capacidad de almacenamiento que les permita operar en forma autónoma durante al menos un año, con una frecuencia de muestreo horaria.

En remodelación de viviendas, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Se deberán considerar las mediciones del funcionamiento actual de los sistemas de la vivienda antes de la remodelación, por un período que sea representativo de



Ilustración N°19

las distintas condiciones de operación de la vivienda (se recomienda al menos seis meses de medición previa, de equinoccio a equinoccio).

- Una vez obtenidos los datos de operación de la vivienda antes de la remodelación, se elaborará un modelo de correlación que establezca el comportamiento de los sistemas de la vivienda, con respecto a alguna variable independiente como temperatura, radiación solar.
- Se volverán a medir las variables dependientes e independientes para luego confeccionar un nuevo modelo y comparar la situación actual con la situación anterior.
- Un profesional con certificación IPMVP o similar, deberá desarrollar un informe especificando cuáles son las variables dependientes más importantes que afectan el desempeño de los equipos y cuáles son las mediciones que se están realizando sobre estas variables.

Ilustración N°19:

Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo inteligente de consumo de energía.

## EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Completar el Checklist N° 2B, para verificar la calidad de la construcción, en cuanto a lo requerido en la etapa de diseño.
- La instalación debe ser realizada por personal competente, aprobado por la SEC.
- La instalación debe ser específica para el sistema y debe realizarse, según instrucciones del fabricante.

### d. Instalación y puesta en marcha:

- Se deberán realizar pruebas y ajustes de puesta en marcha del sistema para determinar posteriormente, la correcta operación de este, según norma ISO 13256-1:1998 (2015).
- Se deberán verificar, cuando corresponda, las presiones de trabajo, las temperaturas de acumulación, las temperaturas de ida y retorno.
- Se deberán registrar los resultados de funcionamiento del sistema y las pruebas realizadas.
- Se llevará a cabo una Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), que demuestre el cumplimiento de lo requerido en el requerimiento con respecto a la calidad de técnica de los equipos, la instalación y puesta en marcha del sistema. Esta debe contar con fotografías de las partidas correspondientes y con las fechas en las que fueron tomadas. Por otro lado, deberá ser validada por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante, en el libro de obras. Su fin es llevar un registro de inspección de las partidas más relevantes para el cumplimiento de los estándares constructivos.

## EN ETAPA DE OPERACIÓN:

### e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Al año de operación, completar el Checklist N° 2C, mediante el que se verificará que el sistema esté operando en las mismas condiciones en las que fue proyectado y recepcionado. Además, se deberá adjuntar:
  - Un informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas de la vivienda, mediante el cual se verificará la correcta operación con respecto de su funcionamiento proyectado.
  - Se deberá tener en cuenta que el consumo durante el período de monitoreo se comparará con la modelación realizada. Para monitorear las variaciones

climáticas entre el período de monitoreo y los datos climáticos utilizados para la simulación, se calculará el ahorro mediante uso de condiciones fijas o de ahorro normalizado, en base a lo descrito en el capítulo 4.6.2 del protocolo internacional de medición y verificación (IPMVP).

- Finalmente, se verificarán los ahorros siguiendo los lineamientos de la opción D para la medición y verificación, descrita en el IPMVP.

## EVIDENCIA REQUERIDA

### EN ETAPA DE DISEÑO:

- Checklist N° 2A, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento debe ir firmado por el arquitecto patrocinante y el mandante y debe contar con los siguientes documentos, en caso que corresponda:

#### a. Especificación de sistemas de medición de consumo de energía:

- Especificaciones técnicas del monitor utilizado, en donde se indique al menos: precisión de las mediciones, frecuencia de actualización, tipo de conexión a base de datos, tipo de interfaz con el usuario, cuidados mínimos, métodos de calibración, principio de funcionamiento, unidades de medición, consumo energético e imágenes del equipo.
- En caso que el monitor tenga una ubicación fija en el inmueble, se deberán especificar planos de detalle y planta de ubicación de el o los equipos. En caso que el monitor sea móvil, se deberá detallar cual será la posición óptima de este de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

#### b. Especificación de sistemas de medición de eficiencia energética de sistemas:

- Planos de detalle proyecto medición y monitoreo.
- Especificar medidores con las características técnicas detalladas en la Tabla 2.36.
- Cumplir con lo solicitado por el capítulo 10.2 IPMVP.
- Informe realizado por un profesional con certificación IPMVP o similar, especificando cuáles son las variables dependientes más importantes que afectan el desempeño de los equipos y cuáles son las mediciones que se deben realizar sobre estas variables.
- En el caso de inyectar electricidad a la red, se deberán presentar los formularios de conexión solicitados a la SEC.

### EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

#### c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2B, para verificar el cumplimiento del requerimiento. Este documento deberá ir firmado por el arquitecto patrocinante, el ITO y el mandante; deberá contar con los siguientes documentos en caso que corresponda:
  - Bitácora Mensual de Obra (según Anexo 5.6 del presente documento), donde se deberán adjuntar fotos con la fecha de la visita, validado por la ITO, por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras.
  - Planos as-built del proyecto.
  - Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Informe favorable ITO de correcta instalación y puesta en marcha del sistema.
  - Fichas técnicas de los equipos.
- En caso que el proyecto haya sufrido cambios desde la etapa de diseño, se deberán reentregar los documentos solicitados en esa etapa para demostrar el cumplimiento indicado en el requerimiento.

### EN ETAPA DE OPERACIÓN:

#### d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:

- Checklist N° 2C, para verificar, al año de operación, el cumplimiento del requerimiento.
  - Informe anual de monitoreo mensual de operación de los sistemas que consuman energía de la vivienda.
  - Control sobre la mantención periódica de los sistemas de energías renovables, según lo solicitado en el Anexo 5.4 numeral 3.
  - Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 “Manual de Usuario de la Vivienda”.
  - Informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas, de acuerdo a evidencia requerida del numeral 2.4.1 para etapa de operación.

## NOTAS

- No aplica.



## CONTEXTO REGULATORIO NACIONAL

A la fecha de publicación del presente documento, no existe normativas ni reglamentos que regulen la eficiencia de los sistemas de monitoreo en Chile.

## DEFINICIONES

- **Medidor accesible:** El medidor deberá estar ubicado de tal forma que el ocupante pueda acceder fácil y de forma regular a él para monitorear y realizar lecturas.
- **Medidor inteligente o Smart meter:** Es un tipo de medidor (de electricidad, agua o gas) que calcula el consumo de una forma más detallada que los contadores convencionales. Adicionalmente, ofrecen la posibilidad de comunicar la información a través de alguna red o en forma remota a un centro de control de la compañía de servicios local, la cual puede utilizar los datos para efectos de facturación o seguimiento.
- **Fluido caloportador:** Corresponde al fluido (generalmente agua, mezcla de agua con refrigerante o aire) que transfiere el calor desde la generación hasta el punto de consumo.
- **Variables independientes:** Parámetros que tienen influencia sobre el comportamiento energético de la vivienda, pero que no son controlables. Por ejemplo: temperatura ambiente, radiación solar, velocidad del viento, etc.
- **Variables dependientes:** Parámetros que varían de acuerdo al comportamiento de las variables independientes. Para establecer si existe una correlación entre las variables dependientes e independientes, se pueden realizar diversas pruebas estadísticas.
- **Ahorro bajo condiciones normalizadas:** Comparativa del funcionamiento de un sistema, bajo condiciones climáticas, distintas de aquellas con las que se estimó cuales se estimó el desempeño de este. Para determinar dicho ahorro, se realiza una correlación entre el comportamiento del sistema (por ejemplo, consumo de combustible) y algunas variables dependientes que afecten su funcionamiento, como la temperatura exterior o la radiación solar. Una vez obtenida una correlación, se evalúa el comportamiento del sistema, utilizando esta misma pero con datos climatológicos estandarizados o normalizados. El modelo de consumo original también se evalúa bajo dichas condiciones y con el fin de comparar las dos situaciones.

## REFERENCIAS

- Ergeg, 2011. Final Guidelines of Good Practice on Regulatory Aspects of Smart Metering for Electricity and Gas. European Regulators' Group for Electricity and Gas.
- IEC, 2009. IEC 62351, Parts 1-8 - Information Security for Power System Control Operations. International Electrotechnical Commission.
- IEC, 2002. IEC 62056. Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 21: Direct local data exchange. International Electrotechnical Commission.
- Ipmvp, 2010. Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings. Volume 1. International Performance Measurement and Verification Protocol.
- ISO, 2005. ISO/IEC 27001. Information technology - Security techniques - Information security management systems – Requirements. International Standard Organization.





**ANEXOS**



Fotografía: "Temuco", Banco de imágenes Ditec.

## ANEXO 2.1 ZONIFICACIÓN TÉRMICA

A continuación, se presenta una descripción detallada de las zonas climático habitacionales utilizadas en este documento, basadas en prNCh 1079:2016. En ella se diferencian zonas costeras del país con zonas ubicadas entre éstas y la cordillera de Los Andes.

**Zona A (costera):** Se extiende por el norte desde la comuna de Arica hasta la comuna de Freirina por el Sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste, el meridiano 70° y límites comunales (zona térmica B) al este.

**Zona B (interior):** Se extiende por el norte desde la comuna de Arica hasta las comunas de Illapel y Salamanca por el sur, incluidas éstas. Esta limitada por las zonas térmicas A y C por el oeste y por la zona térmica H al este.

**Zona C (costera):** Se extiende por el norte desde la comuna de La Higuera hasta la comuna de Paredones por el sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste y las zonas térmicas B y D al este.

**Zona D (interior):** Se extiende por el norte desde la comuna de Petorca hasta la comuna de Parral por el sur, incluida ésta. Esta limitada por las zonas térmicas C y E al oeste y por la zona térmica H al este.

**Zona E (costera):** Se extiende por el norte desde la comuna de Curepto hasta la comuna de Toltén por el sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. Esta limitada por el océano pacífico al oeste y por las zonas térmicas D y F al este.

**Zona F (interior):** Se extiende por el norte desde la comuna de Niquén y San Fabián hasta Río Bueno por el sur, incluida ésta. Está limitada por la zona térmica E y G por el oeste y por las zonas térmicas H y Argentina al este.

**Zona G (sur):** Se extiende por el norte desde las comunas de Mariquina, San Pablo y Puyehue hasta las comunas de Quellón y Chaitén por el sur, ambas incluidas y las islas presentes en esta zona. Está limitada por el océano pacífico al oeste y Argentina al este.

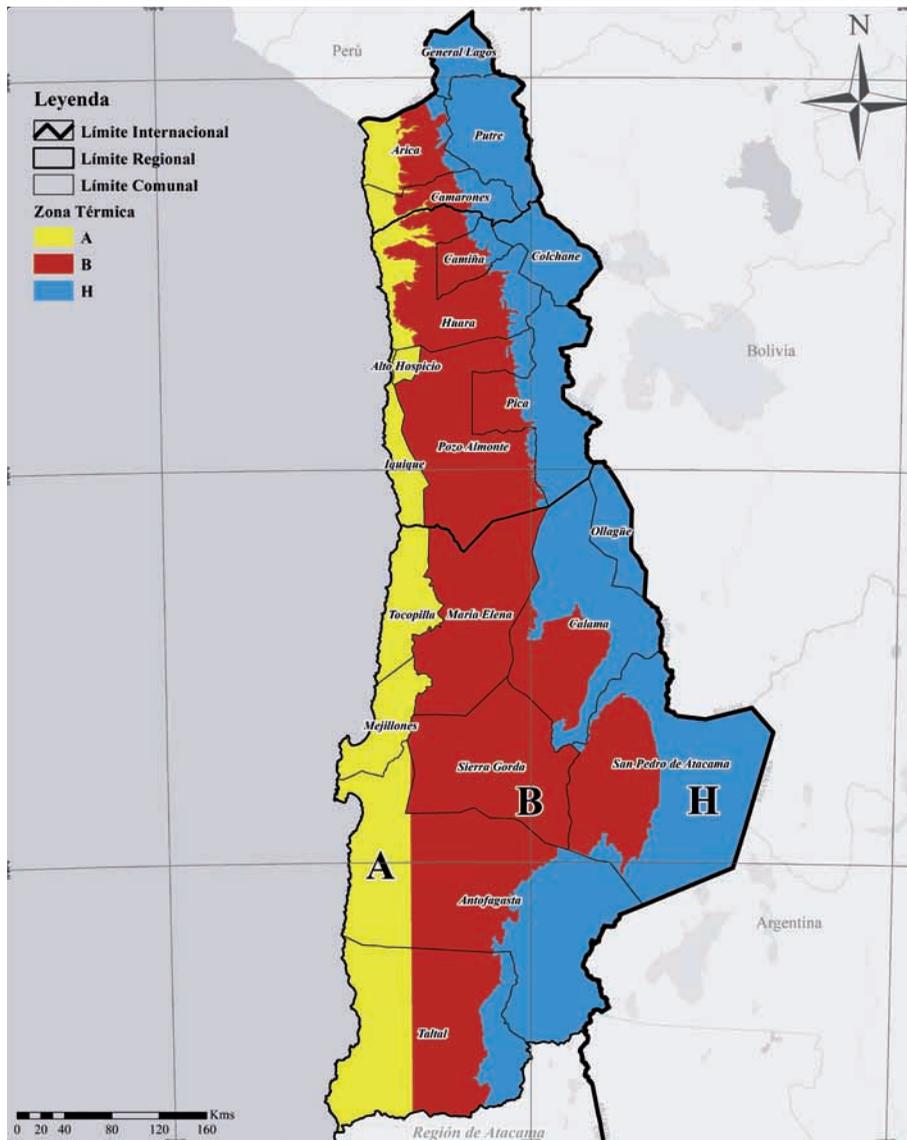
**Zona H (cordillera de Los Andes):** Se extiende por el norte desde la comuna de Arica y General Lagos hasta la comuna de Villarrica y Curarrehue por el sur, ambas incluidas. Esta limitada por las zonas térmicas B, D y F al oeste y Argentina al este.

**Zona I (extremo sur):** Se extiende por el norte desde las comunas de Guaitecas, Cisnes y Futaleufu hasta el territorio antártico chileno por el sur, incluido éste y las islas presentes en esta zona. Esta limitada por el océano pacífico al oeste y Argentina al este.

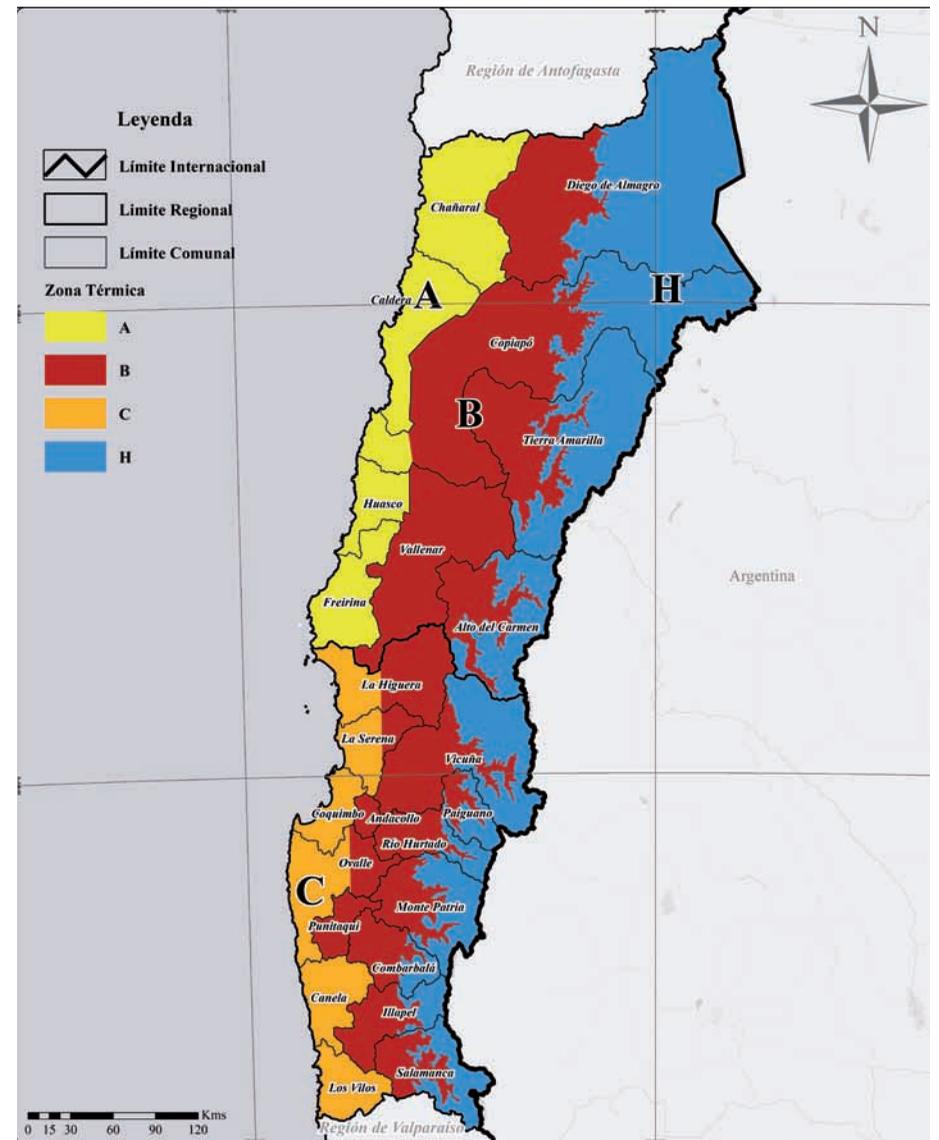
## ANEXO 2.1



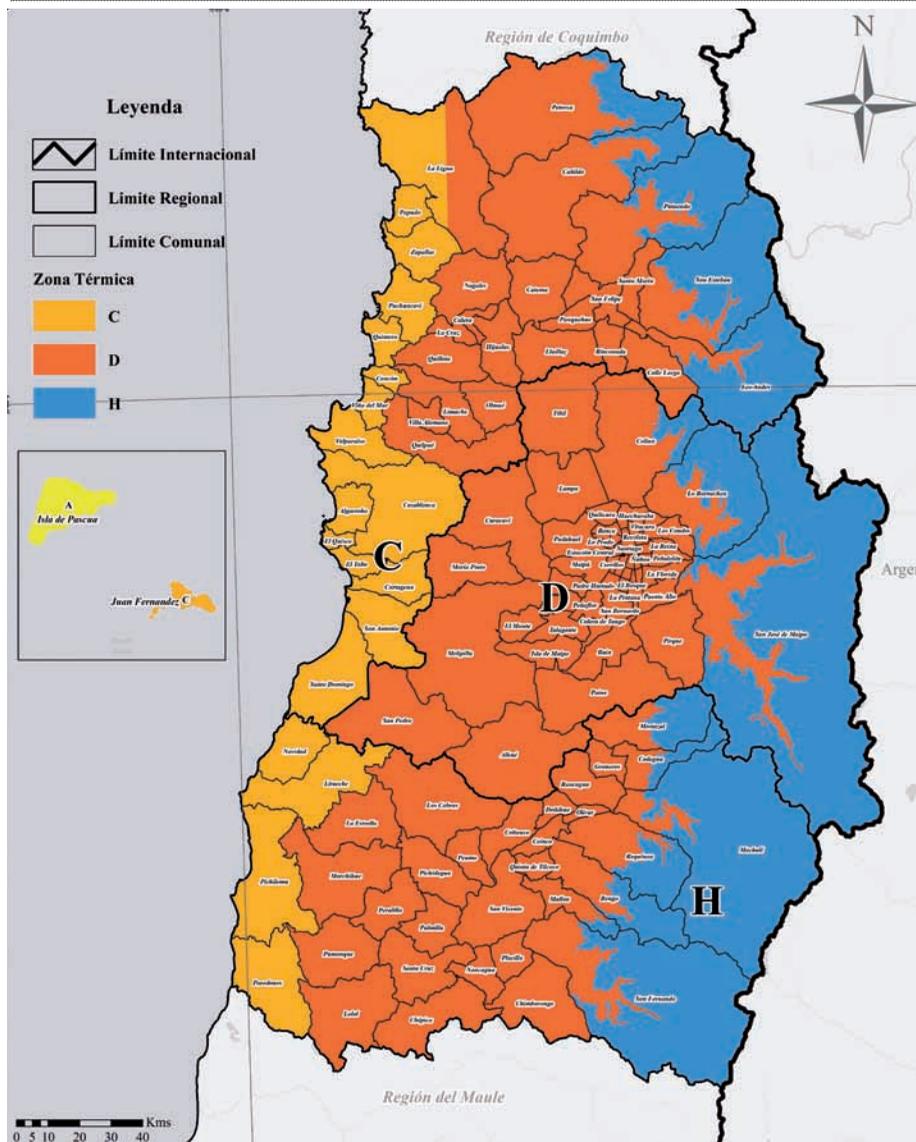

## MACROZONA NORTE GRANDE



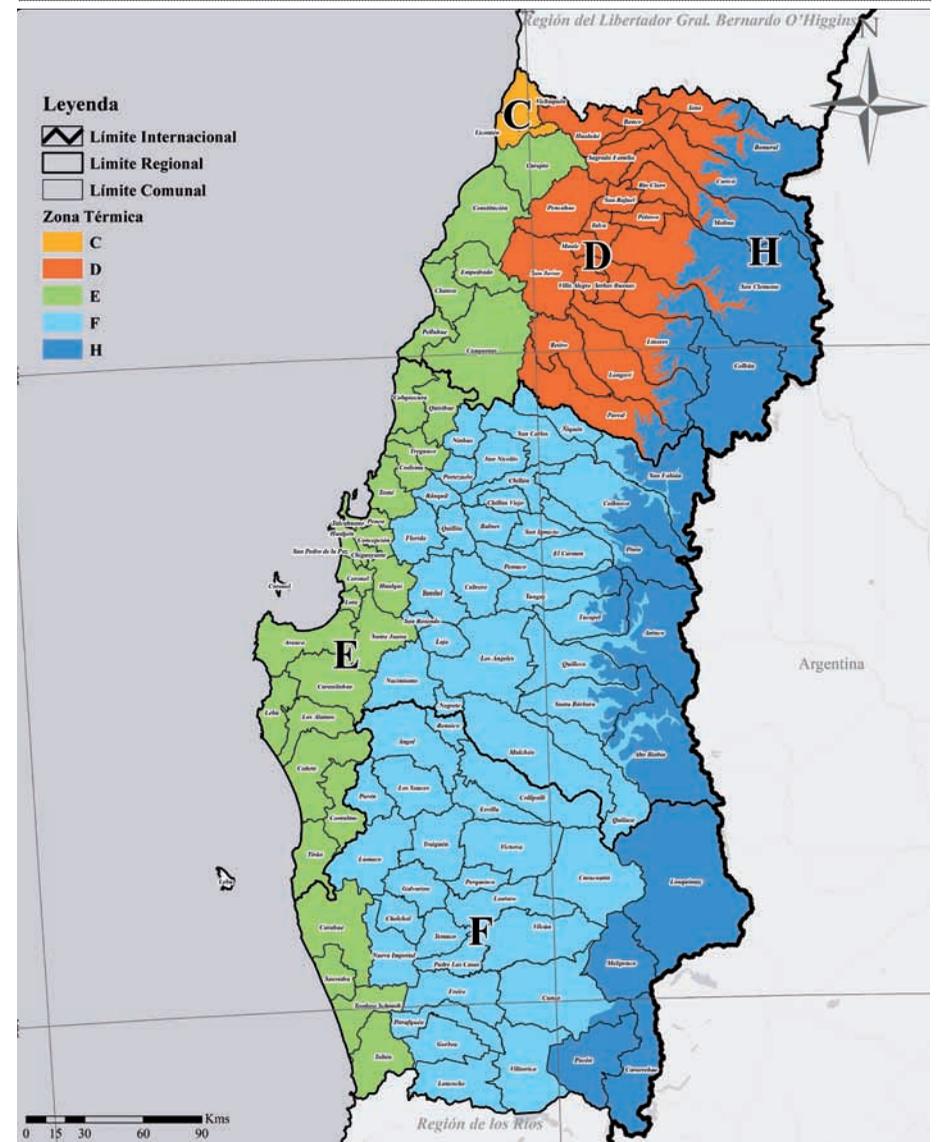
## MACROZONA NORTE CHICO



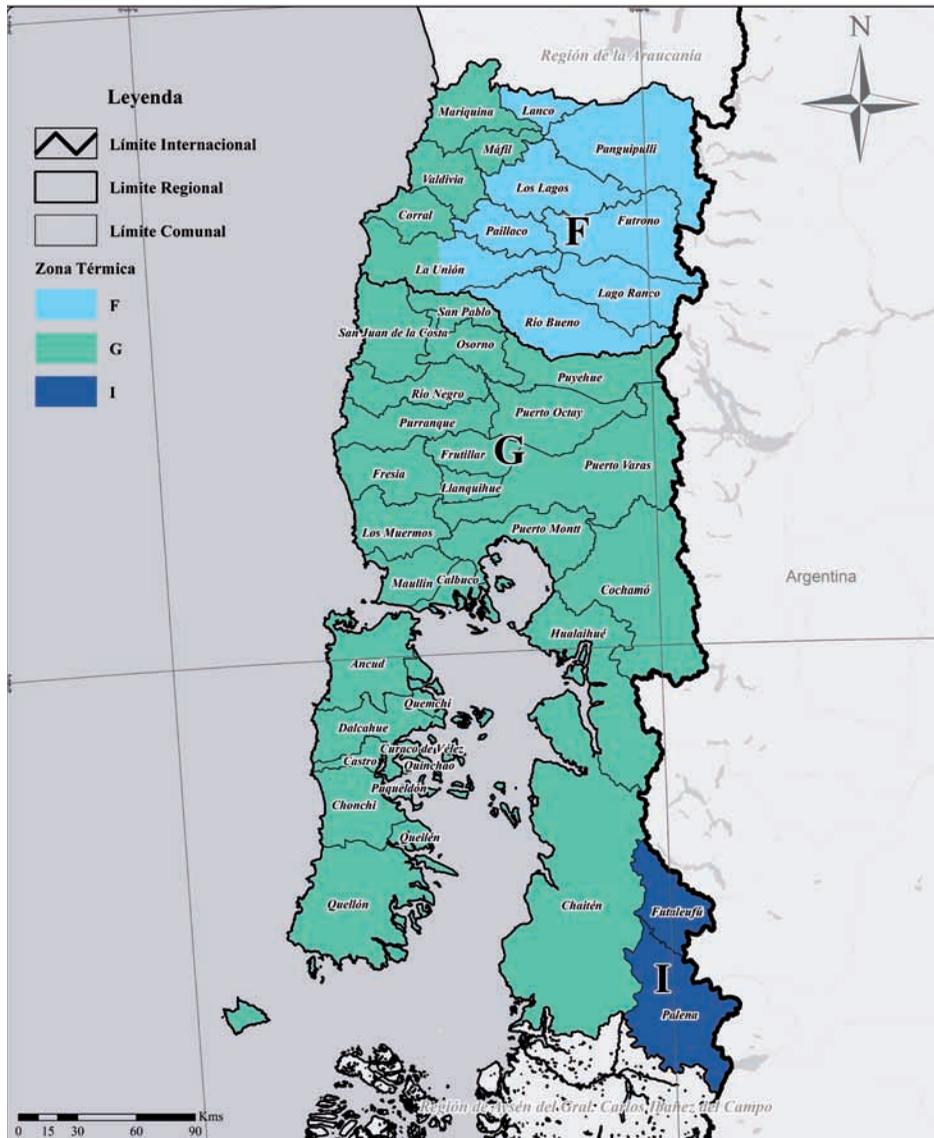
## MACROZONA CENTRO NORTE



## MACROZONA CENTRO SUR



## MACROZONA SUR



## MACROZONA EXTREMO SUR



TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
1	De Arica y Parinacota	Arica	Arica	A	B	H
2	De Arica y Parinacota	Arica	Camarones	A	B	H
3	De Arica y Parinacota	Parinacota	Putre	H		
4	De Arica y Parinacota	Parinacota	General Lagos	H		
5	De Tarapacá	Iquique	Iquique	A		
6	De Tarapacá	Tamarugal	Camíña	B	H	
7	De Tarapacá	Tamarugal	Colchane	H		
8	De Tarapacá	Tamarugal	Huara	A	B	H
9	De Tarapacá	Tamarugal	Pica	B	H	
10	De Tarapacá	Tamarugal	Pozo Almonte	B		
11	De Tarapacá	Iquique	Alto Hospicio	A		
12	De Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	A	B	H
13	De Antofagasta	Antofagasta	Mejillones	A		
14	De Antofagasta	Antofagasta	Sierra Gorda	B		
15	De Antofagasta	Antofagasta	Taltal	A	B	H
16	De Antofagasta	El Loa	Calama	B	H	
17	De Antofagasta	El Loa	Ollagüe	H		
18	De Antofagasta	El Loa	San Pedro de Atacama	B	H	
19	De Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla	A		
20	De Antofagasta	Tocopilla	María Elena	B	H	
21	De Atacama	Copiapó	Copiapó	B	H	
22	De Atacama	Copiapó	Caldera	A		
23	De Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	B	H	
24	De Atacama	Chañaral	Chañaral	A		
25	De Atacama	Chañaral	Diego de Almagro	B	H	
26	De Atacama	Huasco	Vallenar	B		
27	De Atacama	Huasco	Alto del Carmen	B	H	

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
28	De Atacama	Huasco	Freirina	A		
29	De Atacama	Huasco	Huasco	A		
30	De Coquimbo	Elqui	La Serena	C	B	
31	De Coquimbo	Elqui	Coquimbo	C		
32	De Coquimbo	Elqui	Andacollo	B		
33	De Coquimbo	Elqui	La Higuera	C	B	
34	De Coquimbo	Elqui	Paiguano	B	H	
35	De Coquimbo	Elqui	Vicuña	B	H	
36	De Coquimbo	Choapa	Illapel	B	H	
37	De Coquimbo	Choapa	Canela	C		
38	De Coquimbo	Choapa	Los Vilos	C		
39	De Coquimbo	Choapa	Salamanca	B	H	
40	De Coquimbo	Limari	Ovalle	B		
41	De Coquimbo	Limari	Combarbalá	B	H	
42	De Coquimbo	Limari	Monte Patria	B	H	
43	De Coquimbo	Limari	Punitaqui	B		
44	De Coquimbo	Limari	Río Hurtado	B	H	
45	De Valparaíso	Valparaíso	Valparaíso	C		
46	De Valparaíso	Valparaíso	Casablanca	C		
47	De Valparaíso	Valparaíso	Concón	C		
48	De Valparaíso	Valparaíso	Juan Fernández	C		
49	De Valparaíso	Valparaíso	Puchuncaví	C		
50	De Valparaíso	Marga Marga	Quilpué	D		
51	De Valparaíso	Valparaíso	Quintero	C		
52	De Valparaíso	Marga Marga	Villa Alemana	D		
53	De Valparaíso	Valparaíso	Viña del Mar	C		
54	De Valparaíso	Isla de Pascua	Isla de Pascua	A		
55	De Valparaíso	Los Andes	Los Andes	D	H	
56	De Valparaíso	Los Andes	Calle Larga	D	H	
57	De Valparaíso	Los Andes	Rinconada	D		

TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
58	De Valparaíso	Los Andes	San Esteban	D	H	
59	De Valparaíso	Petorca	La Ligua	C	D	
60	De Valparaíso	Petorca	Cabildo	D	H	
61	De Valparaíso	Petorca	Papudo	C		
62	De Valparaíso	Petorca	Petorca	D		
63	De Valparaíso	Petorca	Zapallar	C		
64	De Valparaíso	Quillota	Quillota	D		
65	De Valparaíso	Quillota	Calera	D		
66	De Valparaíso	Quillota	Hijuelas	D		
67	De Valparaíso	Quillota	La Cruz	D		
68	De Valparaíso	Marga Marga	Limache	D		
69	De Valparaíso	Quillota	Nogales	D		
70	De Valparaíso	Marga Marga	Olmué	D		
71	De Valparaíso	San Antonio	San Antonio	C		
72	De Valparaíso	San Antonio	Algarrobo	C		
73	De Valparaíso	San Antonio	Cartagena	C		
74	De Valparaíso	San Antonio	El Quisco	C		
75	De Valparaíso	San Antonio	El Tabo	C		
76	De Valparaíso	San Antonio	Santo Domingo	C		
77	De Valparaíso	San Felipe	San Felipe	D		
78	De Valparaíso	San Felipe	Catemu	D		
79	De Valparaíso	San Felipe	Llailay	D		
80	De Valparaíso	San Felipe	Panquehue	D		
81	De Valparaíso	San Felipe	Putendo	D	H	
82	De Valparaíso	San Felipe	Santa María	D	H	
83	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Rancagua	D		
84	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Codegua	D	H	
85	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Coinco	D		
86	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Coltauco	D		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
87	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Doñihue	D		
88	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Graneros	D		
89	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Las Cabras	D		
90	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Machalí	D	H	
91	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Malloa	D	H	
92	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Mostazal	D	H	
93	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Olivar	D		
94	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Peumo	D		
95	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Pichidegua	D		
96	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Quinta de Tilcoco	D		
97	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Rengo	D	H	
98	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	Requínoa	D	H	
99	Del Libertador B. O'Higgins	Cachapoal	San Vicente	D		
100	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	Pichilemu	C		
101	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	La Estrella	D		
102	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	Litueche	C		
103	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	Marchihue	D		
104	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	Navidad	C		
105	Del Libertador B. O'Higgins	Cardenal Caro	Paredones	C		
106	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	San Fernando	D	H	



TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
107	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Chépica	D		
108	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Chimbarongo	D		
109	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Lolol	D		
110	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Nancagua	D		
111	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Palmilla	D		
112	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Peralillo	D		
113	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Placilla	D		
114	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Pumanque	D		
115	Del Libertador B. O'Higgins	Colchagua	Santa Cruz	D		
116	Del Maule	Talca	Talca	D		
117	Del Maule	Talca	Constitución	E		
118	Del Maule	Talca	Curepto	E		
119	Del Maule	Talca	Empedrado	E		
120	Del Maule	Talca	Maule	D		
121	Del Maule	Talca	Pelarco	D		
122	Del Maule	Talca	Pencahue	D		
123	Del Maule	Talca	Río Claro	D		
124	Del Maule	Talca	San Clemente	D	H	
125	Del Maule	Talca	San Rafael	D		
126	Del Maule	Cauquenes	Cauquenes	E		
127	Del Maule	Cauquenes	Chanco	E		
128	Del Maule	Cauquenes	Pelluhue	E		
129	Del Maule	Curicó	Curicó	D	H	
130	Del Maule	Curicó	Hualañé	D		
131	Del Maule	Curicó	Licantén	C		
125	Del Maule	Talca	San Rafael	D		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
126	Del Maule	Cauquenes	Cauquenes	E		
127	Del Maule	Cauquenes	Chanco	E		
128	Del Maule	Cauquenes	Pelluhue	E		
129	Del Maule	Curicó	Curicó	D	H	
130	Del Maule	Curicó	Hualañé	D		
131	Del Maule	Curicó	Licantén	C		
132	Del Maule	Curicó	Molina	D	H	
133	Del Maule	Curicó	Rauco	D		
134	Del Maule	Curicó	Romeral	D	H	
135	Del Maule	Curicó	Sagrada Familia	D		
136	Del Maule	Curicó	Teno	D	H	
137	Del Maule	Curicó	Vichuquén	C		
138	Del Maule	Linares	Linares	D	H	
139	Del Maule	Linares	Colbún	D	H	
140	Del Maule	Linares	Longaví	D	H	
141	Del Maule	Linares	Parral	D	H	
142	Del Maule	Linares	Retiro	D		
143	Del Maule	Linares	San Javier	D		
144	Del Maule	Linares	Villa Alegre	D		
145	Del Maule	Linares	Yerbas Buenas	D		
146	Del Biobío	Concepción	Concepción	E		
147	Del Biobío	Concepción	Coronel	E		
148	Del Biobío	Concepción	Chiguayante	E		
149	Del Biobío	Concepción	Florida	F		
150	Del Biobío	Concepción	Hualqui	E		
151	Del Biobío	Concepción	Lota	E		
152	Del Biobío	Concepción	Penco	E		
153	Del Biobío	Concepción	San Pedro de la Paz	E		
154	Del Biobío	Concepción	Santa Juana	E		
155	Del Biobío	Concepción	Talcahuano	E		

TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
156	Del Biobío	Concepción	Tomé	E		
157	Del Biobío	Concepción	Hualpén	E		
158	Del Biobío	Arauco	Lebu	E		
159	Del Biobío	Arauco	Arauco	E		
160	Del Biobío	Arauco	Cañete	E		
161	Del Biobío	Arauco	Contulmo	E		
162	Del Biobío	Arauco	Curanilahue	E		
163	Del Biobío	Arauco	Los Álamos	E		
164	Del Biobío	Arauco	Tirúa	E		
165	Del Biobío	Biobío	Los Ángeles	F		
166	Del Biobío	Biobío	Antuco	F	H	
167	Del Biobío	Biobío	Cabrero	F		
168	Del Biobío	Biobío	Laja	F		
169	Del Biobío	Biobío	Mulchén	F		
170	Del Biobío	Biobío	Nacimiento	F		
171	Del Biobío	Biobío	Negrete	F		
172	Del Biobío	Biobío	Quilaco	F		
173	Del Biobío	Biobío	Quilleco	F	H	
174	Del Biobío	Biobío	San Rosendo	F		
175	Del Biobío	Biobío	Santa Bárbara	F	H	
176	Del Biobío	Biobío	Tucapel	F	H	
177	Del Biobío	Biobío	Yumbel	F		
178	Del Biobío	Biobío	Alto Biobío	F	H	
179	Del Biobío	Ñuble	Chillán	F		
180	Del Biobío	Ñuble	Bulnes	F		
181	Del Biobío	Ñuble	Cobquecura	E		
182	Del Biobío	Ñuble	Coelemu	E		
183	Del Biobío	Ñuble	Coihueco	F	H	
184	Del Biobío	Ñuble	Chillán Viejo	F		
185	Del Biobío	Ñuble	El Carmen	F		
186	Del Biobío	Ñuble	Ninhue	F		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
187	Del Biobío	Ñuble	Ñiquén	F		
188	Del Biobío	Ñuble	Pemuco	F		
189	Del Biobío	Ñuble	Pinto	F	H	
190	Del Biobío	Ñuble	Portezuelo	F		
191	Del Biobío	Ñuble	Quillón	F		
192	Del Biobío	Ñuble	Quirihue	E		
193	Del Biobío	Ñuble	Ránquil	F		
194	Del Biobío	Ñuble	San Carlos	F		
195	Del Biobío	Ñuble	San Fabián	F	H	
196	Del Biobío	Ñuble	San Ignacio	F		
197	Del Biobío	Ñuble	San Nicolás	F		
198	Del Biobío	Ñuble	Treguaco	E		
199	Del Biobío	Ñuble	Yungay	F		
200	De La Araucanía	Cautín	Temuco	F		
201	De La Araucanía	Cautín	Carahue	E		
202	De La Araucanía	Cautín	Cunco	F		
203	De La Araucanía	Cautín	Curarrehue	H		
204	De La Araucanía	Cautín	Freire	F		
205	De La Araucanía	Cautín	Galvarino	F		
206	De La Araucanía	Cautín	Gorbea	F		
207	De La Araucanía	Cautín	Lautaro	F		
208	De La Araucanía	Cautín	Loncoche	F		
209	De La Araucanía	Cautín	Melipeuco	H		
210	De La Araucanía	Cautín	Nueva Imperial	F		
211	De La Araucanía	Cautín	Padre Las Casas	F		



TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
212	De La Araucanía	Cautín	Perquenco	F		
213	De La Araucanía	Cautín	Pitrufuquén	F		
214	De La Araucanía	Cautín	Pucón	F	H	
215	De La Araucanía	Cautín	Saavedra	E		
216	De La Araucanía	Cautín	Teodoro Schmidt	E		
217	De La Araucanía	Cautín	Toltén	E		
218	De La Araucanía	Cautín	Vilcún	F		
219	De La Araucanía	Cautín	Villarrica	F		
220	De La Araucanía	Cautín	Cholchol	F		
221	De La Araucanía	Malleco	Angol	F		
222	De La Araucanía	Malleco	Collipulli	F		
223	De La Araucanía	Malleco	Curacautín	F		
224	De La Araucanía	Malleco	Ercilla	F		
225	De La Araucanía	Malleco	Lonquimay	H		
226	De La Araucanía	Malleco	Los Sauces	F		
227	De La Araucanía	Malleco	Lumaco	F		
228	De La Araucanía	Malleco	Purén	F		
229	De La Araucanía	Malleco	Renaico	F		
230	De La Araucanía	Malleco	Traiguén	F		
231	De La Araucanía	Malleco	Victoria	F		
232	De Los Ríos	Valdivia	Valdivia	G		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
233	De Los Ríos	Valdivia	Corral	G		
234	De Los Ríos	Ranco	Futroneo	F		
235	De Los Ríos	Ranco	La Unión	G	F	
236	De Los Ríos	Ranco	Lago Ranco	F		
237	De Los Ríos	Valdivia	Lanco	F		
238	De Los Ríos	Valdivia	Los Lagos	F		
239	De Los Ríos	Valdivia	Máfil	G		
240	De Los Ríos	Valdivia	Mariquina	G		
241	De Los Ríos	Valdivia	Paillico	F		
242	De Los Ríos	Valdivia	Panguipulli	F		
243	De Los Ríos	Ranco	Río Bueno	F		
244	De Los Lagos	Llanquihue	Puerto Montt	G		
245	De Los Lagos	Llanquihue	Calbuco	G		
246	De Los Lagos	Llanquihue	Cochamó	G		
247	De Los Lagos	Llanquihue	Fresia	G		
248	De Los Lagos	Llanquihue	Frutillar	G		
249	De Los Lagos	Llanquihue	Los Muermos	G		
250	De Los Lagos	Llanquihue	Llanquihue	G		
251	De Los Lagos	Llanquihue	Mauñín	G		
252	De Los Lagos	Llanquihue	Puerto Varas	G		
253	De Los Lagos	Chiloé	Castro	G		
254	De Los Lagos	Chiloé	Ancud	G		
255	De Los Lagos	Chiloé	Chonchi	G		
256	De Los Lagos	Chiloé	Curaco de Vélez	G		
257	De Los Lagos	Chiloé	Dalcahue	G		
258	De Los Lagos	Chiloé	Puqueldón	G		
259	De Los Lagos	Chiloé	Queilén	G		
260	De Los Lagos	Chiloé	Quellón	G		
261	De Los Lagos	Chiloé	Quemchi	G		
262	De Los Lagos	Chiloé	Quinchao	G		
263	De Los Lagos	Osorno	Osorno	G		
264	De Los Lagos	Osorno	Puerto Octay	G		

TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
265	De Los Lagos	Osorno	Purranque	G		
266	De Los Lagos	Osorno	Puyehue	G		
267	De Los Lagos	Osorno	Río Negro	G		
268	De Los Lagos	Osorno	San Juan de la Costa	G		
269	De Los Lagos	Osorno	San Pablo	G		
270	De Los Lagos	Palena	Chaitén	G		
271	De Los Lagos	Palena	Futaleufú	I		
272	De Los Lagos	Palena	Hualaihué	G		
273	De Los Lagos	Palena	Palena	I		
274	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Coyhaique	Coyhaique	I		
275	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Coyhaique	Lago Verde	I		
276	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Aisén	Aisén	I		
277	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Aisén	Cisnes	I		
278	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Aisén	Guaitecas	I		
279	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Capitan Prat	Cochrane	I		
280	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Capitan Prat	O'Higgins	I		
281	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	Capitan Prat	Tortel	I		
282	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	General Carrera	Chile Chico	I		
283	De Aisén del Gral. C. Ibáñez del Campo	General Carrera	Río Ibáñez	I		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
284	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Magallanes	Punta Arenas	I		
285	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Magallanes	Laguna Blanca	I		
286	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Magallanes	Río Verde	I		
287	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Magallanes	San Gregorio	I		
288	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Antártica Chilena	Cabo de Hornos	I		
289	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Antártica Chilena	Antártica	I		
290	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Porvenir	I		
291	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Primavera	I		
292	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Timaukel	I		
293	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Última Esperanza	Natales	I		
294	De Magallanes y de La Antártica Chilena	Última Esperanza	Torres del Paine	I		



TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
295	Metropolitana de Santiago	Santiago	Santiago	D		
296	Metropolitana de Santiago	Santiago	Cerrillos	D		
297	Metropolitana de Santiago	Santiago	Cerro Navia	D		
298	Metropolitana de Santiago	Santiago	Conchalí	D		
299	Metropolitana de Santiago	Santiago	El Bosque	D		
300	Metropolitana de Santiago	Santiago	Estación Central	D		
301	Metropolitana de Santiago	Santiago	Huechuraba	D		
302	Metropolitana de Santiago	Santiago	Independencia	D		
303	Metropolitana de Santiago	Santiago	La Cisterna	D		
304	Metropolitana de Santiago	Santiago	La Florida	D		
305	Metropolitana de Santiago	Santiago	La Granja	D		
306	Metropolitana de Santiago	Santiago	La Pintana	D		
307	Metropolitana de Santiago	Santiago	La Reina	D		
308	Metropolitana de Santiago	Santiago	Las Condes	D	H	
309	Metropolitana de Santiago	Santiago	Lo Barnechea	D	H	
310	Metropolitana de Santiago	Santiago	Lo Espejo	D		
311	Metropolitana de Santiago	Santiago	Lo Prado	D		
312	Metropolitana de Santiago	Santiago	Macul	D		
313	Metropolitana de Santiago	Santiago	Maipú	D		
314	Metropolitana de Santiago	Santiago	Ñuñoa	D		

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
315	Metropolitana de Santiago	Santiago	Pedro Aguirre Cerda	D		
316	Metropolitana de Santiago	Santiago	Peñalolén	D		
317	Metropolitana de Santiago	Santiago	Providencia	D		
318	Metropolitana de Santiago	Santiago	Pudahuel	D		
319	Metropolitana de Santiago	Santiago	Quilicura	D		
320	Metropolitana de Santiago	Santiago	Quinta Normal	D		
321	Metropolitana de Santiago	Santiago	Recoleta	D		
322	Metropolitana de Santiago	Santiago	Renca	D		
323	Metropolitana de Santiago	Santiago	San Joaquín	D		
324	Metropolitana de Santiago	Santiago	San Miguel	D		
325	Metropolitana de Santiago	Santiago	San Ramón	D		
326	Metropolitana de Santiago	Santiago	Vitacura	D		
327	Metropolitana de Santiago	Cordillera	Puente Alto	D		
328	Metropolitana de Santiago	Cordillera	Pirque	D	H	
329	Metropolitana de Santiago	Cordillera	San José de Maipo	D	H	
330	Metropolitana de Santiago	Chacabuco	Colina	D	H	
331	Metropolitana de Santiago	Chacabuco	Lampa	D		
332	Metropolitana de Santiago	Chacabuco	Tiltil	D		
333	Metropolitana de Santiago	Maipo	San Bernardo	D		
334	Metropolitana de Santiago	Maipo	Buín	D		



TABLA 1.1: LISTADO DE ZONAS TÉRMICAS POR COMUNAS

	REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA	ZONA TÉRMICA
335	Metropolitana de Santiago	Maipo	Calera de Tango	D		
336	Metropolitana de Santiago	Maipo	Paine	D		
337	Metropolitana de Santiago	Melipilla	Melipilla	D		
338	Metropolitana de Santiago	Melipilla	Alhué	D		
339	Metropolitana de Santiago	Melipilla	Curacaví	D		
340	Metropolitana de Santiago	Melipilla	María Pinto	D		
341	Metropolitana de Santiago	Melipilla	San Pedro	D		
342	Metropolitana de Santiago	Talagante	Talagante	D		
343	Metropolitana de Santiago	Talagante	El Monte	D		
344	Metropolitana de Santiago	Talagante	Isla de Maipo	D		
345	Metropolitana de Santiago	Talagante	Padre Hurtado	D		
346	Metropolitana de Santiago	Talagante	Peñaflor	D		

## ANEXO 2.2



## ANEXO 2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

### PLANILLA 2.2.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Agua líquida a 0 °C	1000	0,59	4187
Aire quieto a 0 °C	00.012	0,024	1005
Adobe	1100 - 1800	0,90	1100
Aluminio	2700	210	898
Arcilla	2100	0,93	920
Arcilla expandida	300	0,09	1100
Arcilla expandida	450	0,11	1100
Arena	1500	0,58	920
Aserrín de madera	190	0,06	1800
Asfaltos	1700	0,7	1000
Azulejos	-	1,05	1050
Baldosas cerámicas	-	1,75	1042
Betún	1050	0,16	1000
Bronce	8500	64	360
Cascote de ladrillo	1300	0,41	750
Cebada	470	0,07	
Cobre	8930	380	377
Escorias	800	0,25	1070
Escorias	1000	0,29	1070
Escorias	1200	0,34	1070
Escorias	1400	0,41	1070
Enlucido de yeso	800	0,35	837
Enlucido de yeso	1000	0,44	837
Enlucido de yeso	1200	0,56	837
Enlucido de yeso con perlitas	570	0,18	837
Fibrocemento	920	0,22	837
Fibrocemento	1000	0,23	837
Fibrocemento	1135	0,23	837
Fundición y acero	7850	58	500
Grava rodada o de machaqueo	1700	0,81	840

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Hormigón armado (normal)	2400	1,63	840
Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33	840
Hormigón con áridos ligeros	1400	0,55	840
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34	1094
Hormigón celular con áridos silíceos	1000	0,67	1094
Hormigón celular con áridos silíceos	1400	1,09	1094
Hormigón celular sin áridos	305	0,09	1360
Hormigón en masa con grava normal/ con áridos ligeros	1600	0,73	920
Hormigón en masa con grava normal/ con áridos ordinarios y sin vibrar	2000	1,16	920
Hormigón en masa con grava normal/ con áridos ordinarios vibrados	2400	1,63	920
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12	1083
Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,55	1083
Hormigón con cenizas	1000	0,41	1055
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17	1061
Hormigón con escorias de altos hornos	800	0,22	1061
Hormigón con escorias de altos hornos	1000	0,30	1061
Hormigón normal con áridos silíceos	600	0,34	1063
Hormigón normal con áridos silíceos	800	0,49	1063
Hormigón normal con áridos silíceos	1000	0,67	1063
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26	920
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12	925
Hormigón de fibras de madera	400 - 500	0,14	925
Hormigón de fibras de madera	500 - 600	0,16	925
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	260	0,088	1094
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	320	0,105	1094
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	430	0,134	1094



## ANEXO 2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

### PLANILLA 2.2.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	640	0,214	1094
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	840	0,269	1094
Hormigón liviano en base a poliestireno expandido	1100	0,387	1094
Ladrillo macizo hecho a máquina	1000	0,46	750
Ladrillo macizo hecho a máquina	1200	0,52	750
Ladrillo macizo hecho a máquina	1400	0,60	750
Ladrillo macizo hecho a máquina	1800	0,79	750
Ladrillo macizo hecho a máquina	2000	1,0	750
Ladrillo hecho a mano	-	0,5	750
Laminas bituminosas	1100	0,19	1000
Lana de amianto	100	0,061	1360
Lana de amianto	200	0,063	1360
Lana de amianto	400	0,12	1360
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042	840
Lana mineral, colchoneta libre	50	0,041	840
Lana mineral, colchoneta libre	70	0,038	840
Lana mineral, colchoneta libre	90	0,037	840
Lana mineral, colchoneta libre	110	0,040	840
Lana mineral, colchoneta libre	120	0,042	840
Lana mineral granulada	20	0,069	840
Lana mineral granulada	30	0,060	840
Lana mineral granulada	40	0,055	840
Lana mineral granulada	60	0,048	840
Lana mineral granulada	80	0,044	840
Lana mineral granulada	100	0,041	840
Lana mineral granulada	120	0,042	840
Lana mineral granulada	140	0,042	840
Linoleo	1200	0,19	837

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Madera alamo	380	0,091	1759
Madera alerce	560	0,134	1759
Madera coigüe	670	0,175	1759
Madera lingue	640	0,136	1759
Madera pino insigne	410	0,104	2805
Madera raulí	580	0,121	1759
Madera roble	800	0,157	1759
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	420	0,094	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	460	0,098	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	560	0,102	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	600	0,103	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	620	0,105	1420
Maderas, tableros aglomerados de partículas	650	0,106	1420
Maderas, tableros de fibra	850	0,23	2444
Maderas, tableros de fibra	930	0,26	2444
Maderas, tableros de fibra	1030	0,28	2444
Mármol	2500 - 2850	2,0 - 3,5	860
Moquetas, alfombras	1000	0,05	1360
Morteros de cal y bastardos	1600	0,87	980
Mortero de cemento	2000	1,40	920
Papel	1000	0,13	1300
Perlita expandida	90	0,050	1380
Plancha de corcho	100	0,040	2210
Plancha de corcho	200	0,047	2210
Plancha de corcho	300	0,058	2210



## ANEXO 2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

### PLANILLA 2.2.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Plancha de corcho	400	0,066	2210
Plancha de corcho	500	0,074	2210
Plomo	11300	35	130
Poliestireno expandido	10	0,0430	1200
Poliestireno expandido	15	0,0413	1200
Poliestireno expandido	20	0,0384	1200
Poliestireno expandido	30	0,0361	1200
Poliuretano expandido	25	0,0272	1260
Poliuretano expandido	30	0,0262	1260
Poliuretano expandido	40	0,0250	1260
Poliuretano expandido	45	0,0245	1260
Poliuretano expandido	60	0,0254	1260
Poliuretano expandido	70	0,0274	1260
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	200	0,08	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	400	0,12	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	600	0,16	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	800	0,21	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	1000	0,27	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	1200	0,34	1090
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	1400	0,40	1090
Rocas compactas	2500 - 3000	3,50	800
Rocas porosas	1700 - 2500	2,33	820
Vermiculita en partículas	99	0,047	1360
Vermiculita expandida	100	0,070	1360
Vidrio plano	2500	1,2	837
Yeso cartón	650	0,24	840

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Yeso cartón	700	0,26	840
Yeso cartón	870	0,31	840

Fuente: Informe Etapa 5. Manuales de Referencias Técnicas: Fundamentos Técnicos . Desarrollo de la Herramienta de Certificación del Comportamiento Térmico de Edificios de Chile (CCTE\_CL v2), basada en INN, 2007. NCh 853 Of. 91.

### PLANILLA 2.2.2 OTROS MATERIALES

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> *K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
Paja comprimida (1)	300	0,12	2100
Zinc	7000	112	380
Bloque de vidrio	3500	0,7	840
PVC	1380	0,16	1000
Fardo de paja	300	0,1	2100
Granito rojo	2650	2,9	900
Piedra Caliza	2180	1,5	720
Piedra Pizarra	2700	2,1	840
Azulejo Arcilla	1900	0,85	840
Azulejo Concreto	1920	1,8	940
Goma dura	1200	0,15	1000

Fuente: The Chartered Institution of Building Services Engineers, 2015. GVA/15 CIBSE Guide A, Environmental Design 2015. London, UK.

Fuente (1): Lavigne, 2003. Arquitectura climática. Una contribución al desarrollo sustentable. Tomo I. Bases físicas. Talca: Universidad de Talca. Chile.

## ANEXO 2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

### PLANILLA 2.2.3 AISLANTES PARA CIELOS Y MUROS

AISLANTES TÉRMICOS	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
<b>Lana de vidrio</b>			
Lana de vidrio			
Lana de vidrio (colchonetas)	13	0,044	840
Lana de vidrio (paneles)	10	0,046	840
	12	0,043	840
	125	0,042	840
	13	0,042	840
	135	0,042	840
	14	0,041	840
Lana de vidrio (paneles)	16	0,039	840
	18	0,038	840
	20	0,037	840
	30	0,034	840
	40	0,033	840
	50	0,032	840
Lana de vidrio (granulado)	12	0,063	840
<b>Lana de roca</b>			
Lana de roca (colchonetas)	40	0,042	1050
Lana de roca (granulado)	40	0,059	1050
<b>Lana mineral</b>			
Lana mineral (colchonetas)	80	0,04	840
<b>Poliestireno expandido</b>			
	10	0,043	1200
	10	0,043	1200
Poliestireno expandido de 10kg/m3	15	0,043	1200
	15	0,043	1200

AISLANTES TÉRMICOS	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg*K)
	20	0,043	1200
Poliestireno expandido de 10kg/m3	20	0,043	1200
<b>Fibras de poliester</b>			
	88	0,066	1050
Fibras de poliester (rollos)	58	0,069	1050
	61	0,063	1050
	75	0,06	1050
<b>Espuma rígida de poliuretano</b>			
	30	0,028	1260
	316	0,026	1260
Espuma rigida de poliuretano	317	0,026	1260
	321	0,025	1260
	337	0,025	1260
<b>Lana de celulosa</b>			
	288	0,041	1200
Lana de celulosa	258	0,045	1200
	228	0,042	1200

Fuente: Minvu, 2014. Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico.



**PLANILLA 01A: RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)****VARIABLE:** Estándares para iluminación interior (artificial)

LUMINARIA	Lúmenes (lm)	Potencia (W)	Rendimiento luminoso (lm/W)
L1	2050	28	73

RENDIMIENTO LUMINOSO ÓPTIMO  $\geq 70$ 
**ANEXO 2.3**  
**PLANILLAS**

**PLANILLA 01B: RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)****VARIABLE: ESTÁNDARES PARA ILUMINACIÓN EXTERIOR (ARTIFICIAL)**

LUMINARIA	Lúmenes (lm)	Potencia (W)	Rendimiento luminoso (lm/W)
L1	2050	28	73

RENDIMIENTO LUMINOSO ÓPTIMO  $\geq 65$ **PLANILLA 02A: DENSIDAD DE POTENCIA (W/m<sup>2</sup>)****VARIABLE: ESTÁNDARES DE ILUMINACIÓN INTERIOR (ARTIFICIAL)**

	W unitario	Cantidad	W total	Área recinto (m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup>
Comedor					
Luminaria L1					
Luminaria L2					
Cocina					
Dormitorio					
Corredor					

Valores estandar según tabla 2.34 numeral 2.3.4 del presente documento







CHECKLISTS DE ENERGÍA



## ANTECEDENTES PROYECTO

NOMBRE PROPIETARIO	
DIRECCIÓN	
EDIFICIO O BLOCK	
N° DE VIVIENDA	
COMUNA	
REGIÓN	
ROL N°	
PROPIETARIO	
RUT	
N° PERMISO EDIFICACIÓN	
FECHA EMISIÓN	
ARQUITECTO PATROCINANTE	
PATENTE N°	
CONSTRUCTORA	
RUT/ RUN	
PROFESIONAL ADM. DE OBRAS	
RESPONSABLE ITO	
TIPO DE VIVIENDA	
N° DE PISOS	
SUPERFICIE PISO 1	
SUPERFICIE PISO 2	
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA	
SUPERFICIE EXTERIOR DE USO PRIVADO	
TOTAL SUPERFICIE	



CHECKLIST N° 2A  
**ETAPA DISEÑO**

# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3A PARTE
2.1 Desempeño Energético	2.1.1 Desempeño Energético Eficiente	Requerimiento a. Reducción de demanda en calefacción					
		Requerimiento b. Reducción de demanda en enfriamiento					
		Informe de comportamiento energitético de la vivienda					
		Planos de arquitectura					
	2.1.2 Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile	D.a. Reducción de demanda y consumo energético					
		Etiqueta de Pre-Calificación					
		Planos de arquitectura					
		Especificaciones Técnicas					
		Informe de precalificación					
		D.b. Sobrecalentamiento					
2.2 Método Prescriptivo	2.2.1 Asoleamiento	Cumplir con lo requerido en a del 2.1.1					
		D.a. Acceso de radiación directa en solsticio de invierno					
		Estudio de asoleamiento con:					
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de emplazamiento del proyecto</li> <li>Planos de planta y cortes según se indica en metodología</li> <li>Imágenes gráficas de simulaciones dinámicas</li> </ul>					
		D.b. Porcentajes de ventanas por orientación					
		Planos y elevaciones indicando claramente distribución de porcentajes de ventanas por orientación y protecciones solares					
		Planos de detalle de ventanas indicando número y tipo de elemento vidriado					
		Especificaciones Técnicas ventanas					
		D.c. Protecciones solares					
		Plano de detalle de elementos de sombreado					
Especificaciones Técnicas de elementos de sombreado							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<b>2.2.1 Asoleamiento</b>						
	<b>D.d. Relación con el entorno</b>						
	Plano de emplazamiento del proyecto, según metodología						
	Perfiles norte-sur y oriente-poniente, según metodología						
	O imágenes gráficas de simulaciones dinámicas						
	<b>2.2.2 Envoltente opaca eficiente</b>						
	Documentos para todos los requerimientos de diseño:						
	Especificaciones Técnicas de la envolvente con sus valores de transmitancia y capacidad calorífica						
	<b>D.a. Indicador de aislación térmica</b>						
	Informe de cálculo de transmitancias térmicas:						
	Verificar que los siguientes elementos cumplen:						
	• Muros Perimetrales principales (*)						
	• Muros Perimetrales secundarios (*)						
	• Techo principal (*)						
	• Techo secundario (*)						
	• Piso ventilado principal (*)						
	• Piso ventilado secundario						
	• Pisos contraterreno principal						
	Nota: Los items que cuenten con asterisco (*) corresponden a los temas solicitados por CEV						
	<b>D.b. Indicador de masa térmica</b>						
	Informe de cálculo de masa térmica						
	Verificar el cumplimiento tabla 2.8 del presente documento						
	<b>D.c. Puentes térmicos</b>						
Informe de cálculo de transmitancias térmicas de los puentes térmicos							
Verificar que los siguientes elementos cumplen:							
• Aislación en Sobrecimientos							
• Aislación en encuentro muros perimetrales con piso							
• Aislación en encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta							
• Aislación en encuentro muros perimetrales con ventanas							
• Aislación en estructura tabiquería exterior							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE	
2.2 Método Prescriptivo	<b>2.2.2 Envoltente opaca eficiente</b>							
	D.d. Desempeño energético eficiente							
	Cumplimiento del requerimiento "a" del numeral 2.1.1 del presente documento							
	<b>2.2.3 Envoltente Transparente Eficiente</b>	Documentos que se requieren para todos los requerimientos de diseño:						
		<b>D.a. Transmitancia térmica (U)</b>						
		Informe con los cálculos de transmitancia de elementos vidriados						
		<b>D.b. Porcentaje de ventanas</b>						
		Planos de planta y elevación indicando porcentajes de ventanas						
		Planos de detalles ventanas indicando número y tipo de elemento vidriado						
		<b>D.c. Sombreamiento</b>						
		Cumplir con requerimiento "c" del numeral 2.2.1 "Asoleamiento"						
		<b>D.d. Desempeño energético eficiente</b>						
		Cumplimiento del requerimiento "a" del numeral 2.1.1 del presente documento						
	Documentos que se requieren para todos los requerimientos de diseño:							
	Especificaciones Técnicas de los elementos vidriados con sus valores de transmitancia y sistemas de cierre							
	<b>2.2.4 Protecciones solares y térmicas</b>	<b>D.a. Protecciones solares</b>						
		Especificaciones Técnicas de las protecciones solares propuestas						
		Planos de arquitectura generales, indicando en las elevaciones las protecciones solares propuestas						
		Plano de detalle de las protecciones solares						
		Para orientación Norte, cumplimiento de a, b y c del numeral 2.2.1 "Asoleamiento" de la presente categoría						
<b>D.b. Protecciones térmicas</b>								
Especificaciones Técnicas de las protecciones térmicas propuestas								
Planos de arquitectura generales, indicando en las elevaciones las protecciones térmicas propuestas								
Plano de detalle de las protecciones térmicas								



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<b>D.a. Hermeticidad desde el diseño</b>						
	Especificaciones Técnicas de las medidas de sellados de ventanas, puertas y muros						
	Plano de detalles de las medidas de sellados de ventanas, puertas y muros						
	Verificar que los siguientes elementos cumplen con las medidas:						
	Encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta						
	Encuentro muros perimetrales con ventanas y puertas						
	En pasada de ductos						
	En cajas de enchufes						
	Barrera de vapor						
	Fichas Técnicas de productos o elementos que cuenten con información de utilidad para el control de hermeticidad						
Cuando este disponible, "Etiquetado energético y de hermeticidad de ventanas y puertas"							
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>D.a. Demanda energética en calefacción</b>						
	Informe comportamiento energitético, dando cumplimiento del requerimiento "a", numeral 2.1.1, fase diseño para calefacción						
	<b>D.b. Consumo de energía para sistemas de agua caliente sanitaria (ACS)</b>						
	Informe de cálculo de consumo base y consumo eficiente proyectado						
	Especificaciones Técnicas de sistemas ACS						
	Planos del proyecto y sistemas propuestos ACS						
	Planos de detalle ACS						
	Fichas Técnicas de los equipos y/o de las partes del sistema ACS						
En caso de incluir energía solar térmica, basar informe consumo base y eficiente proyectado, según la zona térmica solicitada en tabla 2.16							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>D.c. Especificación de Sistemas de calefacción/ACS centralizados</b>						
	Eficiencias nominales						
	Rendimientos mínimos						
	Cañerías cumplen con aislación térmica						
	Ductos cumplen con aislación térmica						
	Requisitos para tanques de acumulación						
	Dimensionamiento de hora punta para sistema de ACS						
	Informe de cálculo de consumo base, consumo eficiente proyectado y dimensionamiento del sistema, según metodología y firmado por el profesional competente, dando cumplimiento a lo solicitado en:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numeral 2.2.5 etapa de diseño</li> <li>• Tablas 2.17 y 2.18 del presente documento</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En sistemas ACS centralizados para más de un servicio, se deberá dimensionar el consumo de hora punta como un 50% del consumo medio diario</li> </ul>						
	Especificaciones Técnicas de los equipos de calefacción/ACS centralizado que operen en frío, según lo solicitado por la tabla 2.24 del presente documento						
	Especificaciones Técnicas de las aislaciones según aplicación y lo solicitado por las tablas 2.19 a 2.23 del presente documento						
	Planos detalle ACS						
	Fichas Técnicas de los equipos y/o de las partes del sistema ACS						
	<b>D.d. Calefacción / generación ACS individual</b>						
	Especificaciones Técnicas de los equipos de calefacción/ACS que incluyan:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas Técnicas de los equipos a leña eficientes y/o pellet con doble cámara de combustión</li> <li>• Planos de sistemas de calefacción y ACS</li> </ul>						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE	
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	2.3.1 Sistemas de Calefacción y ACS	Documentar que la zona no cuente con PDA del MMA						
		Cumplimiento del numeral 1.1.1 "Calidad del aire interior" del presente documento						
		<b>D.e. Controles y Monitoreo</b>						
		Cumplimiento con requerimientos "a" y "b" del numeral 2.4.1 de la presente categoría						
		<b>D.f. Refrigerantes</b>						
		Cumplimiento del requerimiento "c" del numeral "5.1.2 Gases Efecto Invernadero" del presente documento						
	2.3.2 Sistemas de enfriamiento	<b>D.a. Demanda energética en enfriamiento</b>						
		Informe comportamiento térmico-energético, dando cumplimiento del requerimiento "a", del numeral 2.1.1 fase diseño para enfriamiento tabla 2.2						
		<b>D.b. Especificación de sistemas de enfriamiento</b>						
		• Rendimientos mínimos						
		• Cañerías cumplen con aislación térmica						
		• Ductos cumplen con aislación térmica						
		Informe de cálculo con el dimensionamiento de la demanda de frío de los recintos y del sistema de enfriamiento según metodología						
		Especificaciones Técnicas de sistemas de enfriamiento que incluyan lo solicitado por:						
• Las tablas 2.17 y 2.24 del presente documento								
• Etiquetado de equipos eficiencia energética A o superior								
• Aislaciones según lo solicitado por las tabla 2.25 a 2.27 del presente documento								
Planos de detalle de sistema enfriamiento								
Fichas Técnicas de los equipos, aislaciones y/o de las partes del sistema								
<b>D.c. Controles y Monitoreo</b>								
Cumplimiento con requerimientos "a" y "b" del numeral 2.4.1. de la presente categoría								
<b>D.d. Refrigerantes</b>								
Cumplimiento del requerimiento "c" del numeral "5.1.2 Gases Efecto Invernadero" del presente documento								



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTO A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>D.a. Promover luz natural</b>						
	Cumplimiento con requerimiento "a" del numeral 1.1.5 "Confort Lumínico y Visual" del presente documento						
	Planos de arquitectura a escala máxima 1:100						
	Informe de análisis de iluminación natural						
	Planos de iluminación a escala 1:200						
	Plano detalle de proyecto de instalación eléctrica e iluminación demostrando zonificación de circuitos por cada recinto						
	Especificaciones Técnicas de luminarias, equipos, sistemas de control y accesorios						
	<b>D.b. Proporcionar iluminación artificial eficiente</b>						
	Especificaciones Técnicas de luminarias						
	Fichas Técnicas de equipos de iluminación interior						
	Cumplimiento de lo solicitado en las planillas de calculo 01a, según Anexo 2.3 del presente documento						
	<b>D.c. Rendimiento luminoso</b>						
	Especificaciones Técnicas de luminarias						
	Fichas Técnicas de equipos de iluminación						
	Cumplimiento de lo solicitado en las planillas de calculo 01a, según Anexo 2.3 del presente documento						
	<b>D.d. Índice de protección IP</b>						
Especificaciones Técnicas de luminarias							
<b>D.e. Desempeño energético (W/m²)</b>							
Planos de detalle proyecto de iluminación indicando densidad de potencia por recinto							
Especificaciones Técnicas de luminarias que incluyan lo solicitado por:							
Cumplimiento de lo solicitado en las planillas de calculo 01a y 02a, según Anexo 2.3 del presente documento							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLES	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>D.f. Impacto Ambiental</b>						
	Especificaciones Técnicas de luminarias que incluyan lo solicitado por:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mínimo 50% de luminarias del proyecto no contaminantes</li> <li>Fichas Técnicas de luminarias no contaminantes</li> <li>Certificados sin componentes tóxicos</li> </ul>						
	<b>D.g. Alimentación por energía solar fotovoltaica</b>						
	Plano de detalle generación solar fotovoltaica que incluya:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circuito de alimentación para iluminación eficiente independiente</li> </ul>						
	Especificaciones Técnicas del sistema iluminación interior:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas Técnicas de luminarias no contaminantes</li> </ul>						
	<b>D.h. Sistemas de control</b>						
	Planos de detalle proyecto de iluminación y control indicando:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posición de todos los controladores y altura de montaje en relación a la iluminación propuesta, y simbología de controladores especificando descripción, ubicación y radio de alcance</li> <li>Posición de todos los equipos de iluminación y altura de montaje especificando descripción, ubicación y alcance</li> </ul>						
	Especificaciones Técnicas de sistemas de iluminación y control						
	Fichas Técnicas de sistemas de iluminación y control						
	<b>D.i. Certificación técnica</b>						
Especificaciones Técnicas del proyecto iluminación interior							
Fichas Técnicas de luminarias							
Certificación técnica de luminarias para seguridad y medio ambiente							
<b>D.j. Requerimientos para todos los requerimientos en etapa de diseño:</b>							
<b>2.3.4 Estándares de iluminación exterior</b>	Informe de iluminación artificial exterior, con los resultados de los cálculos o simulaciones						
	Planos de iluminación exterior, a escala máxima de 1:200, según se indica en metodología						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	2.3.4 Estándares de iluminación exterior	Planos instalación eléctrica, a escala máxima de 1:200, indicando circuitos zonificados por uso y/o optimización de iluminación artificial en función de la iluminación natural de los recintos					
		Especificaciones de luminarias, equipos, sistemas de control y accesorios					
		<b>D.a. Proporcionar iluminación artificial eficiente</b>					
		Cumplir con requerimiento "b" de numeral 2.3.3					
		<b>D.b. Rendimiento luminoso</b>					
		Cumplir con requerimiento "c" de numeral 2.3.3					
		<b>D.c. Índice de protección IP</b>					
		Especificaciones Técnicas luminarias exterior:					
		<b>D.d. Desempeño energético</b>					
		Planos detalles sistema de iluminación exterior indicando densidad de potencia					
		Planillas de cálculo 02b de Anexo 2.3 demostrando el cumplimiento de densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) exterior para cada lámpara instalada según tabla 2.32					
		<b>D.e. Impacto ambiental</b>					
		Certificados sin componentes tóxicos					
		Fichas Técnicas de luminarias no contaminantes					
		<b>D.f. Alimentación por energía solar fotovoltaica</b>					
Cumplir con metodología del requerimiento "g" del numeral 2.3.3 de la presente Categoría							
<b>D.g. Sistemas de control</b>							
Cumplir con requerimiento "h" del numeral 2.3.3 de la presente categoría							
<b>D.h. Contaminación lumínica</b>							
Cumplir con numeral "5.1.5 Contaminación Lumínica" de la categoría "Impacto ambiental", del presente documento							
<b>D.i. Requerimientos mínimos de iluminancia</b>							
Cumplir con requerimiento "e" de numeral 1.1.4 "Confort lumínico de la Categoría "Salud y Bienestar"							
<b>D.j. Certificación técnica</b>							
Cumplir con requerimiento "i" de numeral 2.3.3							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2A: ETAPA DE DISEÑO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>2.3.5 Sistemas de Energías Renovables</b>						
	D.a. Aporte en energías renovables						
	Informe de cálculos o simulación dinámica del aporte energético conseguido a través de la utilización de energías renovables. El informe debe indicar los datos climáticos utilizados para la simulación y los parámetros técnicos utilizados						
	Especificaciones Técnicas del sistema de energías renovables propuesto						
	Planos de detalle proyecto Sistemas Energías Renovables						
	En el caso de inyectar electricidad a la red, se deben presentar los formularios de conexión solicitados por la SEC						
	<b>D.b. Certificaciones</b>						
	Certificados de cumplimiento con normativas de seguridad, rendimiento y otros, emitidos por organismos de Certificación es nacionales o internacionales						
2.4 Plan de gestión y monitoreo energético en operación	<b>2.4.1 Sistemas de medición y monitoreo de energía</b>						
	D.a. Sistemas de medición de consumo de energía						
	D.b. Sistemas de medición de eficiencia energética para calefacción						
	Planos de detalle proyecto medición y monitoreo						
	Especificaciones Técnicas que incluyan:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidores inteligentes de energía (Electricidad gas u otro combustible)</li> <li>Cumplir con lo solicitado por la tabla 2.36 del presente documento</li> </ul>						
	Cumplir con lo solicitado por capítulo 10.2 IPMVP						
	Informe realizado por un profesional con certificación IPMVP o similar						
En el caso de inyectar electricidad a la red, se deben presentar los formularios de conexión solicitados a la SEC							

<b>TOTAL PUNTAJE REQUERIMIENTOS</b>		0		0
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>		%		%





CHECKLIST N° 2B

**ETAPA CONSTRUCCIÓN**

# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2B: ETAPA CONSTRUCCIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.1 Desempeño Energético	<b>2.1.1 Desempeño Energético Eficiente</b> <b>D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño</b> Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras						
	<b>2.1.2 Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile</b> <b>D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño</b> Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras Etiqueta de Calificación Informe de evaluación de eficiencia energética otorgado por el Sistema de Calificación Energética de Viviendas						
	<b>2.2.1 Asoleamiento</b> <b>D.e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b> Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras						
	<b>2.2.2 Envoltente Opaca Eficiente</b> <b>D.e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b> <b>D.a. Indicador de aislación térmica</b> <b>D.b. Indicador de masa térmica</b> Bitácora mensual de ejecución para verificar cumplimiento de requerimientos sobre las siguientes partidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muros Perimetrales principales (*)</li> <li>• Muros Perimetrales secundarios (*)</li> <li>• Techo principal (*)</li> <li>• Techo secundario (*)</li> <li>• Piso ventilado principal (*)</li> <li>• Piso ventilado secundario</li> <li>• Pisos contraterreno principal</li> <li>• Tabiquería</li> </ul> Nota: Los items que cuenten con asterisco (*) corresponden a los temas solicitados por CEV						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2B: ETAPA CONSTRUCCIÓN

VARIABLES	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3A PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<b>2.2.2 Envoltente Opaca Eficiente</b>	<b>D.c. Puentes térmicos</b>					
		Bitácora mensual de ejecución para verificar cumplimiento de requerimientos sobre las siguientes partidas:					
		• Aislación en sobrecimientos					
		• Aislación en encuentro muros perimetrales con piso					
		• Aislación en encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta					
		• Aislación en encuentro muros perimetrales con ventanas					
		• Aislación en estructura tabiquería exterior					
		• Otros					
	<b>2.2.3 Envoltente Transparente Eficiente</b>	<b>D.e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>					
		Bitácora mensual de ejecución para verificar cumplimiento de requerimientos sobre las siguientes partidas:					
		• Verificación de EETT de ventanas según proyecto					
		• Verificación ubicación y tamaño de ventanas					
		• Verificación calidad de instalación y sellos					
		• Verificación ubicación y características técnicas elementos de sombreado					
	<b>2.2.4 Protecciones Solares y Térmicas</b>	<b>D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>					
		Bitácora mensual de ejecución para verificar cumplimiento de requerimientos sobre las siguientes partidas:					
		• Verificación de EETT de las protecciones según proyecto					
		• Verificación ubicación y tamaño de las protecciones					
		• Verificación calidad de instalación					
<b>2.2.5 Infiltraciones</b>	<b>D.b. Verificación de clase de infiltración</b>						
	Copia del certificado del test de hermeticidad, denominado Blower Door						
	Ensayo de laboratorio o ficha técnica, según norma NCh 3297:2013						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2B: ETAPA CONSTRUCCIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<b>D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Bitácora mensual de ejecución para verificar cumplimiento de requerimientos sobre las siguientes partidas:						
	• Encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta						
	• Encuentro muros perimetrales con ventanas y puertas						
	• En pasada de ductos						
	• En cajas de enchufes						
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	<b>D.g. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras						
	Facturas del sistema ACS						
	Fichas técnicas ACS						
	Planos as-built del sistema ACS, indicando los puntos de distribución						
	Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema						
2.3.1 Sistemas de Calefacción y ACS	<b>D.e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras						
	Facturas de compra del sistema de enfriamiento						
	Ficha técnicas del sistema, equipos y aislaciones						
	Etiqueta de Eficiencia Energética de artefactos de enfriamiento						
	Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema						
2.3.2 Sistemas de Enfriamiento Energéticamente Eficientes	Planos as-built del sistema, indicando los puntos de distribución y detalles						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2B: ETAPA CONSTRUCCIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	2.3.3 Estándares de Iluminación Interior	D.j. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		D.k. Iluminación eficiente en la instalación de faena:					
		Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras					
		Fichas técnicas de los artefactos, luminarias y sensores correspondientes					
		Etiquetado Energético SEC					
		Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
		Facturas de compra de los equipos, lámparas y accesorios de los circuitos de iluminación					
	Planos as-built del proyecto de iluminación, control y eléctrico completo indicando claramente los circuitos						
	2.3.4 Estándares de Iluminación Exterior	D.l. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras					
		Fichas técnicas de los equipos y lámparas correspondientes					
		Etiquetado Energético SEC					
		Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
		Planos as-built del proyecto de iluminación y eléctrico completos indicando claramente los circuitos					
Facturas de compra de los equipos, lámparas y accesorios de los circuitos de iluminación							
D.m. Iluminación eficiente en la instalación de faena:							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2B: ETAPA CONSTRUCCIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.3 Equipos Energéticamente Eficientes	2.3.5 Sistemas de Energías Renovables	D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras					
		Fichas técnicas de los equipos					
		Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
		Planos as-built del proyecto					
		Informe favorable ITO de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
2.4 Plan de Gestión y Monitoreo Energético en Operación	2.4.1 Sistemas de Medición y Monitoreo de Energía	D.c. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		Bitácora mensual de ejecución según lo solicitado por Anexo 5.6, emitida por el ITO y validada por el arquitecto patrocinante y el mandante en el libro de obras					
		Planos as-built del proyecto					
		Certificado SEC de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
		Informe favorable ITO de correcta instalación y puesta en marcha del sistema					
		Fichas técnicas de los equipos					

<b>TOTAL PUNTAJE REQUERIMIENTOS</b>		0		0
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>		%		%





CHECKLIST N° 2C  
**ETAPA OPERACIÓN**

# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2C: ETAPA OPERACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.1 Desempeño energético	2.1.1 Desempeño Energético Eficiente	D.d. Monitoreo:					
		D.a. Reducción de demanda en calefacción y enfriamiento					
		D.b. Reducción de demanda en enfriamiento					
		Informe de monitoreo mensual de consumo de energía para calefacción y enfriamiento por un año					
		Control sobre mantención periódica de de los sistemas de calefacción y enfriamiento, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3. Energía "2.2 Control sobre mantención periódica de sistemas de calefacción, agua caliente sanitaria y enfriamiento"					
	Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 "Manual de Usuario de la Vivienda"						
	2.1.2 Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile	D.d. Monitoreo:					
		Informe de monitoreo mensual de consumo de energía para calefacción, enfriamiento, iluminación y agua caliente por un año					
Control sobre mantención periódica de de los sistemas de calefacción y enfriamiento, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3 Energía "2.2 Control sobre mantención periódica de sistemas de calefacción, agua caliente sanitaria y enfriamiento"							
Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 "Manual de Usuario de la Vivienda"							
2.2 Método Prescriptivo	2.2.1 Asoleamiento	D.f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		Control sobre mantención de las superficies vidriadas y protecciones solares.					
	Aprobación y verificación del numeral 1.3.1 "Manual de Usuario de la Vivienda"						
	2.2.2 Envoltivo Opaca Eficiente	D.f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:					
		D.a. Indicador de aislación térmica					
		D.b. Indicador de masa térmica					
		Velar por que se conserve la calidad térmica de los siguientes elementos:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Muros Perimetrales principales (*)</li> <li>Muros Perimetrales secundarios (*)</li> <li>Techo principal (*)</li> </ul>							



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2C: ETAPA OPERACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techo secundario (*)</li> <li>• Piso ventilado principal (*)</li> <li>• Piso ventilado secundario</li> <li>• Pisos contraterreno principal</li> <li>• Tabiquería</li> </ul>						
	<b>D.c. Puentes térmicos</b>						
	Velar por que se conserve la calidad térmica de los siguientes elementos:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislación en Sobrecimientos</li> <li>• Aislación en encuentro muros perimetrales con piso</li> <li>• Aislación en encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta</li> <li>• Aislación en encuentro muros perimetrales con ventanas</li> <li>• Aislación en estructura tabiquería exterior</li> </ul>						
	Documentación General:						
	Control sobre mantención periódica del envoltivo eficiente, según Plan de Mantención y Operación, según metodología						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología						
	<b>2.2.3 Envoltivo transparente Eficiente</b>	<b>D.f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>					
	Control sobre mantención periódica del envoltivo eficiente, según Plan de Mantención y Operación, según metodología						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual del Usuario de la Vivienda", según metodología						
	<b>2.2.4 Protecciones Solares y Térmicas</b>	<b>D.d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>					
	Control sobre mantención periódica del envoltivo eficiente, según Plan de Mantención y Operación, según metodología						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual del Usuario de la Vivienda", según metodología						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2C: ETAPA OPERACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.2 Método Prescriptivo	<b>D.e. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Verificar que las terminaciones de la vivienda se conservan de acuerdo al proyecto recepcionado						
	Encuentro muros perimetrales con cielo y/o cubierta						
	Encuentro muros perimetrales con ventanas y puertas						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>En pasada de ductos</li> <li>En cajas de enchufes</li> <li>Barrera de vapor</li> </ul>						
	Documentación General:						
	Control sobre mantenimiento periódica del envolvente eficiente, según Plan de Mantenimiento y Operación, según metodología						
Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología							
2.3 Equipos y artefactos energéticamente eficientes	<b>D.h. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Cumplimiento con requerimientos "a" y "b" del numeral 2.4.1 de la presente categoría						
	Control sobre mantenimiento periódica de los sistemas calefacción / ACS, según Plan de Mantenimiento y Operación						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología						
	Informe de monitoreo horario anual del consumo de energía en calefacción y ACS						
2.3.2 Sistemas de Enfriamiento Energéticamente Eficientes	<b>D.f. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
	Cumplimiento con requerimientos "a" y "b" del numeral 2.4.1 de la presente categoría						
	Verificar existencia de medidas de control sobre mantenimiento periódica de los sistemas enfriamiento, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología						
	Informe de monitoreo horario anual del consumo del sistema de enfriamiento						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST N° 2C: ETAPA OPERACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE	
2.3 Equipos y artefactos energéticamente eficientes	2.3.3 Estándares de Iluminación Interior	<b>D.k. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
		Registro de horarios y procedimientos implementados para optimización del uso de la iluminación artificial interior						
		Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas de iluminación, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3						
		Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología						
	2.3.4 Estándares de Iluminación Exterior	Informe de monitoreo horario anual del consumo del sistema de enfriamiento						
		<b>D.ñ. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
		Registro de horarios y procedimientos implementados para optimización del uso de la iluminación artificial						
		Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas de iluminación, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3						
	2.3.5 Sistemas de Energías Renovables	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual de Usuario de la Vivienda", según metodología						
		<b>D.d. Velar por el cumplimiento de lo establecido en la etapa de diseño:</b>						
		Informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas, de acuerdo a evidencia requerida de numeral 2.4.1 para etapa de operación						
		Verificar existencia de medidas de control sobre mantención periódica de los sistemas de iluminación, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3						



# CATEGORÍA ENERGÍA

## CHECKLIST 2C: ETAPA OPERACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	APLICA	PUNTAJE BASE EN CASO QUE APLIQUE/MÍN CUMPLIMIENTO	CUMPLE	PUNTAJE	COMENTARIOS ADICIONALES	VISADO POR 3° PARTE
2.4 Plan de gestión y monitoreo energético	<b>D.d. Monitoreo:</b>						
	2.4.1 Sistemas de Medición y Monitoreo de Energía						
	Control sobre mantenimiento periódica de los sistemas monitoreo, según lo solicitado en Anexo 5.4 numeral 3						
	Verificación de que los residentes cuenten con el "Manual del Usuario de la Vivienda", según metodología						
	Informe del monitoreo mensual de operación de los sistemas, de acuerdo a evidencia requerida de numeral 2.4.1 para etapa de operación						
	Informe anual de monitoreo mensual consumo energía de la vivienda						

<b>TOTAL PUNTAJE REQUERIMIENTOS</b>		0		0
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>		%		%





Fotografía: "Sistemas Solares Térmicos en Viviendas", Sergio Delgado



“Construcción Sustentable es  
mejorar la calidad de vida a  
través de las edificaciones y  
su entorno”



CONSTRUCCIÓN  
SUSTENTABLE

ISBN: 978-956-9432-53-8



9 789569 143253 8