



**Dirección de
Arquitectura**

Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile

TDR_e

*Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios*

*+ 10 Guías Técnicas de Apoyo
y Fichas E.E.*



DECON UC
ESCUOLA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

Versión 2 Actualizada 2016



Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios

TDR

Versión 2 - Actualizada 2015



PRÓLOGO

El Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de su Dirección de Arquitectura (DA), comenzó el año 2006 un proceso de incorporación de criterios de eficiencia energética y sustentabilidad en las Obras de Edificación Públicas con el objeto de mejorar el desempeño energético y ambiental del parque de edificios públicos en Chile.

En el marco de dicho proceso, el Consejo Superior de Innovación Tecnológica, dependiente de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP), (2011) seleccionó para su ejecución, la presentación de la Dirección de Arquitectura denominada “TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTANDARIZADOS CON PARÁMETROS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT AMBIENTAL, PARA LICITACIONES DE DISEÑO Y OBRA DE LA DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA, SEGÚN ZONAS GEOGRÁFICAS DEL PAÍS Y SEGÚN TIPOLOGÍA DE EDIFICIOS”. Proyecto que dio origen a la primera versión de la Guía TDRé, desarrollada por un consorcio tecnológico formado por profesionales de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío (CITEC UBB) y de la Dirección de Extensión en Construcción de la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DECON UC).

Posteriormente a través de un segundo proyecto presentado por la DA al Comité de Innovación DGOP, (2012) se desarrolló la Ficha Técnica TDRé. Esta es una herramienta de apoyo a la aplicación de los TDRé, que facilita su uso para los propósitos de demostrar y verificar el cumplimiento de exigencias energéticas y ambientales a que se obligan los proyectos y obras que utilizan la guía TDRé. En esa ocasión la Ficha se aplicó a tres edificios a objeto de evaluar y validar finalmente su uso.

El trabajo tuvo su origen en la necesidad de definir exigencias y estándares de calidad mínimos asociados al uso de energía y a las condiciones de clima interior de los edificios, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental, la eficiencia y el ahorro en el uso de la energía en la Edificación Pública. Estándares mínimos para edificación pública que están contenidos en la Guía TDRé por tipo de edificio y zona climática, consultados para su incorporación en la forma de Términos de Referencia en las Bases de Licitación de diseños y obras. Acciones todas que se justifican por el impacto económico y social que tiene limitar la demanda de energía de los edificios y por el rol pedagógico y ejemplificador que tiene el Sector Público en esas necesidades y desafíos país.

En la actualidad existe una política energética de Gobierno, que define a través de la Agenda de Energía publicada por el Ministerio de Energía, el nuevo rol del Estado como articulador de diversos actores en torno a visiones compartidas, con un papel más activo en la planificación estratégica de largo plazo, con capacidad de generar las políticas y regulaciones que cumplan los objetivos y metas, conciliando objetivos económicos, ambientales y sociales, en pro del bien común de

todos los chilenos y chilenas¹. Propone la Agenda fomentar el uso eficiente de la energía como un recurso energético, fijando una meta de ahorro de 20% al 2025. Desafío al cual la Edificación Pública puede y debe tributar de forma importante y para el cual sirve esta Guía.

La sociedad demanda cada vez mayores estándares de eficiencia energética y de sustentabilidad a sus edificios, condición cada vez más valorada por los mercados para alcanzar el reconocimiento y la aceptación que precisa el edificio como producto. Por otro lado, reducir la cantidad de energía consumida en los edificios y hacer éstos cada vez más sustentables, obligan a revisar periódicamente el estado del arte en materia de normas y regulaciones que rigen el diseño, construcción, fiscalización y operación de los edificios.

Operar y mantener edificios ocupa parte importante del presupuesto del país. Por esa razón, es de sumo interés optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida en los edificios, la calidad de los servicios finales que éstos proporcionan y los costos económicos y ambientales.

En función de los avances en materia de normativas y regulaciones, de las innovaciones en materia de tecnologías de la construcción, de los métodos y herramientas aplicables al diseño y a la fiscalización del cumplimiento de exigencias, se ha estimado necesario actualizar periódicamente los Términos de Referencia TDRé, cada cinco años como plazo máximo.

Esta segunda versión 2015 de los Términos de Referencia Estandarizado, integra un conjunto de adecuaciones y ajustes a los cuadros de exigencias, que resultan de internalizar las nuevas normas vigentes en Chile respecto de la materia, de la experiencia resultada de la aplicación de la Guía estos últimos años y de los Cursos/talleres Regionales de capacitación, que definen de forma más precisa y amigable los métodos, herramientas y procedimientos aplicables, además incorpora la Ficha Técnica concebida para facilitar la aplicación de la Guía como instrumento de apoyo al proceso de diseño y fiscalización y operación.

Paralelamente para la DA MOP era necesario capacitar en el conocimiento y aplicación de los TDRé a los profesionales del MOP, Mandantes y las instituciones que financian los proyectos de inversión a nivel nacional, regional y local.

Mediante convenio DA MOP con Ministerio de Energía se obtuvo financiamiento para desarrollar Cursos/Talleres de capacitación en los TDRé, necesarios para mejorar y homologar las competencias laborales de los profesionales del sector público y municipal, que participan en la formulación, planificación, evaluación, inspección, supervisión y operación de proyectos de edificación pública y fiscal, que les permitan incorporar en éstos las exigencias, criterios de desempeño y estándares definidos en los TDRé.

1 Ministerio de Energía. Agenda de energía: Un desafío país, progreso para todos, 2014

La participación activa de las autoridades en diversas localidades dio relevancia a las jornadas de capacitación, comprometiendo a los participantes en la adopción de la herramienta y en la necesidad de potenciar vínculos con las diferentes entidades involucradas en los procesos de diseño y construcción. La necesidad de proveer de experiencias locales.

Como resultado de estos Cursos/Talleres, se destaca la participación de 841 profesionales del ámbito público y municipal. Esto refleja el interés y la necesidad de contar con una herramienta que permita fiscalizar en el tema de la Eficiencia Energética y Confort ambiental, las distintas etapas de un proyecto de Inversión.

EQUIPO DE TRABAJO

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) – DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA – DIVISIÓN DE EDIFICACIÓN PÚBLICA – SUBDEPTO EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Claudia Silva Paredes, Directora Nacional, Dirección de Arquitectura, Arquitecto.

Eliseo Huencho Morales, Jefe de División Edificación Pública, Arquitecto.

Margarita Cordaro Cárdenas, Jefe Subdepto. Eficiencia Energética, Arquitecto.

Leonardo Lillo Férez, Subdepto. Eficiencia Energética, Arquitecto.

MINISTERIO DE ENERGIA (MINENERGIA)

Financiamiento: Comité Interministerial de Eficiencia Energética, CIEE.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) – SUBSECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS

Impresión: Rhode Aedo Candia, Jefa Subdivisión Abastecimiento.

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO - CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN (CITEC UBB).

DISEÑO PASIVO

Requisito Básico N°1: Diseño arquitectónico pasivo.

Arquitecto, Phd. Maureen Trebilcock Kelly

AHORRO DE ENERGÍA

Requisito Básico N°2: Limitación de la demanda energética de edificios.

Ingeniero Constructor, Dr.(c) Rodrigo Figueroa San Martín

Arquitecto, Ms. Cristián Muñoz Viveros

Requisito Básico N°3: Rendimiento de las instalaciones térmicas:

Ingeniero Civil Mecánico, Ms. Reinaldo Sánchez Arriagada

Ingeniero Constructor, Ms. Roberto Arriagada Bustos

Requisito Básico N°4: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Ingeniero Civil Eléctrico, Ms. Vladimir Esparza Henríquez

Arquitecto, Phd. María Beatriz Píderit Moreno

Requisito Básico N°5: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Ingeniero Constructor, Ms. Roberto Arriagada Bustos

CONFORT AMBIENTAL

Requisito Básico N°6: Calidad del aire interior:

Ingeniero Civil Mecánico, Phd. Ariel Bobadilla Moreno

Requisito Básico N°7: Confort higrotérmico:

Arquitecto, Phd. Maureen Trebilcock Kelly

Ingeniero Civil Mecánico, Phd. Ariel Bobadilla Moreno

Requisito Básico N°8: Confort lumínico:

Arquitecto, Phd. María Beatriz Píderit Moreno

Requisito Básico N°9: Confort acústico:

Ingeniero Acústico Freddy Guzmán Garcés

AHORRO DE AGUA

Requisito Básico N°10: Eficiencia de las instalaciones de agua potable:

Ingeniero Constructor, Ms. Rodrigo Espinoza Maldonado

Arquitecto, Ms. Ariel Chiang González

FICHA TÉCNICA TDR:

Arquitecto, Ms. Cristián Muñoz Viveros

Arquitecto Margarita Cordaro Cárdenas

Arquitecto Leonardo Lillo Férez

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	19
REQUISITOS BÁSICOS	20
DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO	21
AHORRO DE ENERGÍA	23
Limitación de la Demanda Energética de Edificios	23
Rendimiento de las instalaciones térmicas y de climatización	25
Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	27
Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria	29
CONFORT AMBIENTAL	31
Calidad del aire interior.....	31
Confort higrotérmico	33
Confort lumínico	35
Confort acústico.....	37
AHORRO DE AGUA	39
Eficiencia de las instalaciones de agua potable	39
GUÍAS TÉCNICAS DE APOYO	41
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 1	45
DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO	47
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	47
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA	47
2.1. indicadores.....	48
3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO	48
3.1. Zonificación climática de Chile (NCh 1079 of.2008)	49
3.2. Parámetros de análisis climático	50
3.3. Estrategias generales de diseño.....	52
4. PROCEDIMIENTO	55
4.1. Limitación de la demanda de energía y confort higrotérmico	55
4.2. Calidad del aire	55
4.3. Confort higrotérmico	56
4.4. Confort lumínico.....	56
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	56

5.1. Verificación en Diseño	56
GLOSARIO	57
REFERENCIAS.....	60
BIBLIOGRAFÍA	60
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 2.....	63
LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS	65
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	65
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	65
2.1. Indicadores y parámetros	66
2.2. Zonificación Climática	67
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	67
3.1. Valores Límites	67
ZONA CLIMÁTICA 1 NL: NORTE LITORAL	68
ZONA CLIMÁTICA 2 ND: NORTE DESÉRTICA.....	69
ZONA CLIMÁTICA 3 NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES.....	70
ZONA CLIMÁTICA 4 CL: CENTRAL LITORAL	71
ZONA CLIMÁTICA 5 CI: CENTRAL INTERIOR.....	72
ZONA CLIMÁTICA 6 SL: SUR LITORAL.....	73
ZONA CLIMÁTICA 7 SI: SUR INTERIOR	74
ZONA CLIMÁTICA 8 SE: SUR EXTREMO	75
ZONA CLIMÁTICA 9 AN: ANDINA	76
4. PROCEDIMIENTO	77
4.1. Método simplificado	77
4.2. Simulación computacional	82
5. CONFORMIDAD DE EXIGENCIAS	87
5.1. Verificación en Diseño	87
5.2. Verificación en Obra.....	88
GLOSARIO	90
REFERENCIAS.....	92
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	93
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 3.....	97
RENDIMIENTO DE LA INSTALACIONES TÉRMICAS Y DE CLIMATIZACIÓN	99
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	99

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	99
2.1. Indicadores y parámetros	99
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	100
3.1. Valores límites.....	100
4. PROCEDIMIENTO	105
4.1. Distribución de calor y frío	105
4.2. Regulación y control	107
4.3. Contabilización de consumos	107
4.4. Recuperación de energía.....	107
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	108
5.1. Verificación en Diseño.	108
5.2. Verificación en Obra.....	109
GLOSARIO	110
REFERENCIAS.....	111
BIBLIOGRAFÍA	111
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 4.....	113
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	115
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	115
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	115
2.1. Indicadores y parámetros	116
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	116
4. PROCEDIMIENTO	117
4.1. Condiciones Generales de los sistemas de iluminación artificial.....	117
4.2. Factor de Recinto.....	119
4.3. Número de Luminarias.....	120
4.4. Eficiencia Lumínica	122
4.5. Eficiencia Energética	123
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	124
5.1. Verificación en Diseño	124
5.2. Verificación en Obra.....	125
GLOSARIO	126
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXO 2: CÁLCULO DE NUMERO DE LUMINARIAS.....	128

GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 5	133
CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA	135
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	135
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	135
2.1. Indicadores y parámetros	135
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	136
3.1. Criterios.....	136
3.2. Valores límite	136
3.3. Otros criterios y/o consideraciones generales	136
4. PROCEDIMIENTO	137
4.1. Datos previos	137
4.2. Condiciones generales de la instalación.....	140
4.3. Criterios generales de diseño	140
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	140
5.1. Verificación en Diseño	140
5.2. Verificación en Obra.....	141
5.3. Verificación Post-ocupación.....	141
GLOSARIO	143
REFERENCIAS/BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXO 3: ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE RADIACIÓN SOLAR.....	144
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 6	155
CALIDAD DEL AIRE INTERIOR	157
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	157
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	157
2.1. Exigencia básica calidad del aire interior.....	157
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	158
3.1. Valores límite	158
4. PROCEDIMIENTO	161
4.1. Antecedentes previos para proceso de fiscalización	161
4.2. Metodología	162
4.3. Cálculo	163
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	169
5.1. Edificio con ventilación pasiva	169
5.2. Edificio con ventilación activa	170

GLOSARIO	172
REFERENCIAS.....	174
BIBLIOGRAFÍA	175
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 7	177
CONFORT HIGROTÉRMICO	179
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	179
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA	179
2.1. Indicadores	179
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	180
3.1. Valores límite de confort higrotérmico para edificios pasivos	180
3.2. Valores límite de confort higrotérmico para sistemas activos	181
4. PROCEDIMIENTO	182
4.1. Método de simulación computacional	183
4.2. Programas informáticos de referencia	186
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	187
5.1. Edificio o áreas pasivas	187
5.2. Edificios con sistemas activos	187
GLOSARIO	189
REFERENCIAS.....	190
BIBLIOGRAFÍA	190
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°8	193
CONFORT LUMÍNICO	195
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	195
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.	195
2.1. Indicadores y parámetros	196
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	196
3.1. Confort visual: Luz natural	196
3.2. Confort visual: Instalaciones de iluminación (luz artificial).....	203
3.3. Valores límite	205
3.4. Criterios de análisis.....	207
4. PROCEDIMIENTO	210
4.1. Cálculo de los niveles de iluminancia	210
4.2. Cálculo del deslumbramiento.....	213
4.3. Cálculo Iluminancia luz artificial	214

4.4. Uniformidad de la iluminación.....	214
4.5. Características de superficies interiores y cristales	214
5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	215
5.1. Verificación en Diseño	215
5.2. Verificación en Obra.....	217
GLOSARIO:	218
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°9	221
CONFORT ACÚSTICO	223
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	223
2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	223
2.1. Indicadores y Parámetros	224
3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO	224
3.1. Valores límite	224
4. PROCEDIMIENTO	227
4.1. Antecedentes Previos	227
4.2. Metodología	228
5. COMPROBACIÓN EXIGENCIAS.....	229
5.1. Verificación en Diseño	229
5.2. Verificación en Obra.....	229
GLOSARIO	231
REFERENCIAS.....	233
BIBLIOGRAFÍA	233
GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°10	235
EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE.....	237
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	237
1.1. Caracterización y cuantificación de la exigencia	237
1.2. Indicadores	238
1.3. Criterios de desempeño.....	238
2. PROCEDIMIENTO	239
2.1. Antecedentes previos.....	239
2.2. Metodología de cálculo	240
3. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....	245
3.1. Verificación en Diseño	245

3.2. Verificación en Obra.....	246
3.3. Verificación post ocupacional.....	246
GLOSARIO	247
REFERENCIAS.....	249
FICHA EE	251
FICHA EE FASE DISEÑO.....	253
FICHA EE FASE OBRA	269
FICHA EE FASE POST OCUPACIONAL	285

INTRODUCCIÓN

Los presentes Términos de Referencia tienen por objetivo incorporar, exigencias, criterios de desempeño y estándares de eficiencia energética y confort ambiental, junto con procedimientos de verificación en diseño y obra para su incorporación en licitaciones de edificios públicos en Chile.

La sistematización y estandarización del producto resultante de este proceso de estudio y validación energética y de confort ambiental de proyectos generará una base de datos relevante que permitirá contar con una visión general de la calidad de la Edificación Pública nacional.

La meta es avanzar en el desarrollo de edificios públicos en Chile que se caractericen por un menor consumo de recursos de energía y agua; impliquen menores gastos de operación para sus sostenedores; alcancen mejores estándares de confort térmico, acústico, lumínico y de calidad de aire para sus usuarios; y tengan un menor impacto sobre el medio ambiente. Todo lo anterior, tomando en cuenta la zona geográfica donde se emplazará el edificio.

TIPOLOGÍAS DE EDIFICIOS

Las tipologías de edificios públicos a las cuales se les exigirán incorporar los términos de referencia en su diseño, se detallan a continuación:

- a) Edificios de Oficinas: Corresponde a los edificios conformados por recintos destinados a la prestación de servicios profesionales, administrativos, financieros, de seguros, intermediación de intangibles y otros análogos.
- b) Edificios Educativos: Establecimientos destinados principalmente a la formación o capacitación en educación superior, técnica, media, básica, básica especial y prebásica, a centros de investigación científica o tecnológica, y a centros de capacitación, de orientación o de rehabilitación conductual y otros análogos.
- c) Edificios de Salud: Establecimientos destinados principalmente a la prevención, tratamiento y recuperación de la salud, tales como: hospitales, clínicas, policlínicos, consultorios, postas, centros de rehabilitación y otros análogos.
- d) Edificios de Seguridad: Establecimientos destinados principalmente a unidades o cuarteles de instituciones encargadas de la seguridad pública, tales como unidades policiales y cuarteles de bomberos, o destinados a cárceles y centros de detención.

Los presentes Términos de Referencia constituyen un documento orquestador que se articula con 10 Guías Técnicas de Apoyo más una Ficha Técnica que sintetiza y ayuda al proceso de aplicación. Los Términos de Referencias establecen objetivos, exigencias y las metodología de diseño y documentos a presentar para cada uno de los Requisitos Básicos propuestos, mientras que las Guías Técnicas de Apoyo constituyen documentos técnicos que establecen métodos de verificación, indicadores y valores límites para cada requisito.

REQUISITOS BÁSICOS

Los Términos de Referencia y las Guías Técnicas de Apoyo se organizan en base a 4 ámbitos generales, en los cuales se agrupan los 10 Requisitos Básicos:

DISEÑO PASIVO

Requisito Básico N°1: Diseño arquitectónico pasivo.

AHORRO DE ENERGÍA

Requisito Básico N°2: Limitación de la demanda energética de edificios.

Requisito Básico N°3: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Requisito Básico N°4: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Requisito Básico N°5: Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria.

CONFORT AMBIENTAL

Requisito Básico N°6: Calidad del aire interior

Requisito Básico N°7: Confort higrotérmico

Requisito Básico N°8: Confort lumínico

Requisito Básico N°9: Confort acústico

AHORRO DE AGUA

Requisito Básico N°10: Eficiencia de las instalaciones de agua potable

Términos de Referencia

Requisito básico N° 1

DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO

OBJETIVO

Desarrollar edificios en base a estrategias de diseño arquitectónico pasivo, con el fin de alcanzar condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de sus ocupantes, demandando un mínimo de energía para ello.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

EXIGENCIA BÁSICA

Los edificios tendrán características tales que las condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) se encuentren dentro de un rango establecido por valores límites mínimos y máximos. El arquitecto, en base al trabajo interdisciplinario con los especialistas, debe priorizar que esta exigencia se cumpla a través del comportamiento pasivo del edificio como resultado de sus características de diseño en concordancia con los parámetros de uso y las características climáticas locales.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 1, considerando las zonas climáticas.

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 1.

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de la zona climática donde se localiza el edificio y análisis del clima local, identificando temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, carta de trayectoria solar, vientos predominantes, velocidad del viento, precipitaciones.
- Propuesta de estrategias de diseño pasivo según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño bioclimático/pasivo disponibles, orientadas a limitar la demanda de energía tanto en invierno como en verano.
- Análisis de asoleamiento del edificio en 3 estaciones (invierno, verano, estaciones intermedias) y a 3 horas del día (mañana, mediodía, tarde).

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de criterios y estrategias de diseño pasivo del edificio que contenga: análisis climático de la localidad; propuesta de estrategias de diseño pasivo con esquemas/diagramas; análisis de asoleamiento, etc. Este informe se complementa con los requeridos por la GTA 2, GTA 6, GTA 7, GTA 8 y GTA 9.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- NO APLICA.

Términos de Referencia	AHORRO DE ENERGÍA
Requisito básico N° 2	Limitación de la Demanda Energética de Edificios

OBJETIVO	<p>Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.</p> <p>Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.</p>
-----------------	---

EXIGENCIA BÁSICA	<p>Limitación de demanda energética</p> <p>Los edificios dispondrán de un diseño y envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislación e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.</p>
-------------------------	---

CRITERIOS DE DESEMPEÑO	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 2, especificado por zonas climáticas.
-------------------------------	--

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 2.
-----------------------------------	---

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de la zona climática donde se localiza el edificio y análisis del clima local, identificando temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, carta de trayectoria solar, vientos predominantes, velocidad del viento, precipitaciones.
- Propuesta de estrategias de diseño pasivo según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño bioclimático/pasivo disponibles, orientadas a limitar la demanda de energía tanto en invierno como en verano.
- Análisis de asoleamiento del edificio en 3 estaciones (invierno, verano, estaciones intermedias) y a 3 horas del día (mañana, mediodía, tarde).
- Propuestas de envolvente que cumplan con los Criterios de Desempeño definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Verificación de la demanda energética de calefacción y/o refrigeración del edificio según Comprobación de Exigencias establecidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño pasivo integradas al proyecto de arquitectura.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de criterios y estrategias de diseño pasivo del edificio que contenga: análisis climático de la localidad; propuesta de estrategias de diseño pasivo con esquemas/diagramas; análisis de asoleamiento, etc.
- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de limitación de la demanda energética del edificio, según Criterios de Desempeño y métodos de cálculo exigidos en etapa de diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N°2.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de limitación de la demanda energética del edificio, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.

Términos de Referencia	AHORRO DE ENERGÍA
Requisito básico N° 3	Rendimiento de las instalaciones térmicas y de climatización

OBJETIVO	<p>Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.</p> <p>Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.</p>
-----------------	---

EXIGENCIA BÁSICA	<p>Rendimiento de las instalaciones térmicas</p> <p>Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales.</p>
-------------------------	---

CRITERIOS DE DESEMPEÑO	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 3.
-------------------------------	---

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 3.
-----------------------------------	---

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de cargas térmicas del edificio, en base a resultados de los cálculos y simulaciones asociados a la Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Análisis económico comparativo entre distintas alternativas de fuentes de energía, considerando costos de inversión y costos de operación.
- Verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño y comprobación de exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 3.
- Proyecto de calefacción y/o climatización en base a sistema seleccionado.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño.
- Análisis técnico-económico comparativo entre distintos sistemas térmicos y distintas fuentes de energía.
- Proyecto de calefacción y/o climatización y/o ventilación forzada, según sea pertinente.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 3.

Términos de Referencia	AHORRO DE ENERGÍA
Requisito básico N° 4	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

OBJETIVO	<p>Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.</p> <p>Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.</p>
-----------------	---

EXIGENCIA BÁSICA	<p>Eficiencia energética de las instalaciones de Iluminación</p> <p>Los aparatos de iluminación cumplirán niveles de eficiencia energética y lumínica con el fin de alcanzar un ahorro energético, manteniendo niveles de confort lumínico adecuado para cada recinto del edificio.</p> <p>La eficiencia lumínica de los aparatos depende del tipo de recinto dentro del edificio, y está dada por valores límites explicitados en la Guía Técnica de Apoyo N°4.</p>
-------------------------	---

CRITERIOS DE DESEMPEÑO	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 4.
-------------------------------	---

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 4.
-----------------------------------	---

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en eficiencia energética, desde el inicio del proceso de diseño.
- Zonificación lumínica según requerimientos para distintos usos del edificio, según Guía Técnica de Apoyo N°8.
- Selección de equipos y sistemas de control según Criterios de Desempeño establecido en Guía Técnica de Apoyo N° 4.
- Verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de Desempeño y Comprobación de exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 4.
- Desarrollo de proyecto de iluminación artificial con eficiencia energética.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño.
- Proyecto de iluminación artificial con eficiencia energética.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 4.

Términos de Referencia	AHORRO DE ENERGÍA
Requisito básico N° 5	Contribución solar mínima para agua caliente sanitaria

OBJETIVO	<p>Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.</p> <p>Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.</p>
-----------------	---

EXIGENCIA BÁSICA	<p>Contribución solar mínima para agua caliente sanitaria</p> <p>Los edificios tendrán una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, dependiendo del clima local y de la energía solar aportada.</p>
-------------------------	---

CRITERIOS DE DESEMPEÑO	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 5.
-------------------------------	---

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 5.
-----------------------------------	---

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con el experto en energía solar térmica, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de la demanda de agua caliente sanitaria según tipo de edificación y zona climática de radiación solar del emplazamiento del proyecto, de acuerdo a Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima al agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Análisis económico comparativo entre distintas alternativas de diseño de sistemas térmicos de ACS, considerando costos de inversión y costos de operación.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima para agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Proyecto de energía solar térmica para agua caliente sanitaria, si es pertinente según análisis técnico-económico.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima al agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.

Términos de Referencia **CONFORT AMBIENTAL**

Requisito básico N° 6 **Calidad del aire interior**

OBJETIVO

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

EXIGENCIA BÁSICA

Calidad del aire interior

Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de manera de aportar un caudal suficiente de aire exterior y garantizar la extracción y expulsión del aire viciado.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 6.

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 6.

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en ventilación, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de valores límites de ventilación para cada tipo de recinto que compone el edificio, según Guía Técnica de Apoyo N° 6.
- Verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de ventilación integradas al proyecto de arquitectura.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño y Comprobación de exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.

Términos de Referencia **CONFORT AMBIENTAL**

Requisito básico N° 7 **Confort higrotérmico**

OBJETIVO

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de los ocupantes de los edificios, de acuerdo a las características de uso según la tipología de edificación y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

EXIGENCIA BÁSICA

Confort higrotérmico

Los edificios permitirán asegurar el confort higrotérmico de sus ocupantes, definido por indicadores de temperatura y humedad relativa del aire, ya sea por características operativas de los sistemas térmicos, o por características de diseño pasivo del edificio en concordancia con el clima local.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 7.

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 7.

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en diseño con eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Según el análisis de las características climáticas locales y condiciones específicas de uso, definir si el edificio será pasivo, ya sea en invierno y/o verano; o será un edificio calefaccionado y/o refrigerado. La prioridad en la edificación pública será que el edificio sea pasivo, es decir, que no requiera de ningún sistema térmico para alcanzar las condiciones de confort higrotérmico.
- Si el edificio es pasivo en invierno y/o verano; definir propuesta de estrategias de diseño bioclimático/pasivo apropiadas al clima local, que busquen asegurar que el edificio mantendrá condiciones de confort higrotérmico adecuadas para sus ocupantes. Apoyarse en Guías y Manuales de Diseño existentes para definir estrategias de diseño apropiadas al clima y uso de edificio.
- Si el edificio es calefaccionado y/o refrigerado; identificación de temperaturas operativa de invierno y/o verano como parámetros de operación, según Criterios de Desempeño establecidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño pasivo integradas al proyecto de arquitectura.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.

**DOCUMENTOS ETAPA
DE OBRA TERMINADA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra terminada, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.

Términos de Referencia **CONFORT AMBIENTAL**

Requisito básico N° 8 **Confort Lumínico**

OBJETIVO

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

EXIGENCIA BÁSICA

Confort Lumínico

Los edificios deberán cumplir con requisitos de iluminación determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas: confort visual, necesidades visuales en relación a las distintas tareas, y rendimiento y bienestar.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 8.

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 8.

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en iluminación natural y en iluminación artificial, desde el inicio del proceso de diseño.
- Análisis climático de tipos de cielo y disponibilidad de luz día para la localidad en que se emplaza en proyecto.
- Definición de Criterios de Desempeño por recinto, según Guía Técnica de Apoyo N° 8.
- Propuesta de estrategias de diseño de iluminación natural según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño de iluminación natural.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño de iluminación natural integradas al proyecto de arquitectura.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8. Este informe debe incluir: Índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, Iluminancia media mantenida (Em), Índice de deslumbramiento.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño y métodos Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8.

Términos de Referencia **CONFORT AMBIENTAL**

Requisito básico N° 9 **Confort Acústico**

OBJETIVO

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, lumínico, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

EXIGENCIA BÁSICA

Confort Acústico

Los edificios tendrán características de aislación acústica de ruido aéreo y de ruido impacto, aislamiento acústico de fachadas, y propiedades que permitan asegurar el confort acústico de sus ocupantes.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 9.

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 9.

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en acústica, desde el inicio del proceso de diseño.
- Definición de criterios de desempeño por zona/recinto de acuerdo a Guía Técnica de Apoyo N° 9.
- Propuestas de soluciones arquitectónicas y constructivas que cumplan con los desempeños acústicos requeridos, en trabajo colaborativo entre arquitecto y consultor acústico.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño acústico integradas al proyecto de arquitectura.
- Desarrollo de detalles constructivos de soluciones acústicas, en colaboración entre el arquitecto y especialista acústico.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.

Términos de Referencia	AHORRO DE AGUA
Requisito básico N° 10	Eficiencia de las instalaciones de agua potable

OBJETIVO	<p>Conseguir un uso racional del agua potable, reduciendo el consumo y generando proyectos que incorporen medidas de mejora de eficiencia hídrica.</p> <p>Reducir la generación de aguas residuales, reutilización de aguas grises y exigencias respecto a la eficiencia de las instalaciones y equipamiento, que sean diseñados con tecnología de ahorro de agua.</p> <p>Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.</p>
-----------------	---

EXIGENCIA BÁSICA	<p>Eficiencia de las instalaciones de agua potable</p> <p>Los edificios dispondrán de artefactos eficientes que sean relevantes en el cálculo de consumo de agua y que permitan un ahorro de agua.</p> <p>Ahorro en el consumo de agua potable</p> <p>Se deberá conseguir una disminución de consumo de agua en relación al proyecto base, a través de medidas de disminución del consumo.</p> <p>Reciclaje de aguas grises y/o pluviales</p> <p>Cada proyecto de instalaciones sanitarias y agua potable deberá entregar un informe de estudio de factibilidad de un sistema de reciclaje de aguas grises, presentando las características de consumo de agua, y que incluya el cálculo de caudal máximo probable de aguas grises, aguas negras y aguas lluvias dependiendo de las características de consumo de agua y precipitaciones promedio mensual esperadas.</p>
-------------------------	---

CRITERIOS DE DESEMPEÑO	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 10.
-------------------------------	--

COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS	Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 10.
-----------------------------------	--

**METODOLOGÍA
DE DISEÑO**

- Trabajo interdisciplinario entre consultor y especialistas, en particular con experto en eficiencia de agua potable, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de sistemas consumidores de agua y análisis comparativo de consumo de agua utilizando artefactos de consumo estándar con artefactos que mejoren la eficiencia hídrica según información en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Desarrollo de estudio de factibilidad de proyecto de recolección y reciclaje de aguas grises y/o aguas pluviales según zona geográfica del proyecto y siguiendo recomendaciones indicadas en el Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Desarrollo de proyecto de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.
- Diseño de plan de mantención de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE DISEÑO**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Proyecto de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica, incluyendo especificaciones técnicas.
- Plan de mantención de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.

**DOCUMENTOS
ETAPA DE OBRA**

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.



Dirección de
Arquitectura
Ministerio de
Obras Públicas

Gobierno de Chile

Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios

GUÍAS TÉCNICAS DE APOYO

GTA N°1: Diseño Arquitectónico Pasivo

GTA N°2: Limitación de la Demanda Energética de Edificios

GTA N°3: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización

GTA N°4: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación

GTA N°5: Contribución Solar Mínima al Agua Caliente Sanitaria

GTA N°6: Calidad del Aire Interior

GTA N°7: Confort Higrotérmico

GTA N°8: Confort Lumínico

GTA N°9: Confort Acústico

GTA N°10: Eficiencia de las Instalaciones de Agua Potable



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 1
Diseño Arquitectónico Pasivo**

Este documento tiene por objeto establecer guías de diseño orientadas a que el edificio alcance estándares de bienestar para sus ocupantes, demandando un mínimo de energía. Para ello, esta Guía Técnica de Apoyo (GTA) articula criterios de desempeño establecidos en las Guías Técnicas de Apoyo N°2 a la N°9.

El principio fundamental nace de una visión a largo plazo que nos obliga a situarnos en el contexto futuro de escasez y alzas en los precios de los combustibles, unido a los problemas ambientales derivados del aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el consumo de combustibles fósiles, que hacen imprescindible que el sector de edificación pública asuma un compromiso y un liderazgo en eficiencia energética, eficiencia hídrica y aprovechamiento de energías renovables.

Para ello, es fundamental que las primeras estrategias apunten al diseño arquitectónico pasivo, que busca condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de los ocupantes de los edificios, de acuerdo a las características de uso según la tipología de edificación y a las características climáticas locales.

Junto con ello, es importante considerar el concepto de “costo de ciclo de vida” (costo de construcción + costos de operación + costos de mantenimiento durante todo el ciclo de vida del edificio), que reduce el costo total del proyecto y optimiza la inversión inicial.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este documento aplica para edificios públicos de oficinas, educación, salud y seguridad; ya sea nueva construcción o modificaciones de edificios existentes, con una superficie útil mayor a 1000m² donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

El arquitecto, en base al trabajo interdisciplinario con los especialistas, debe priorizar que las exigencias de confort ambiental y limitación de la demanda de energía se cumplan a través del comportamiento pasivo del edificio como resultado de sus características de diseño, en concordancia con los parámetros de uso y las características climáticas locales. Para ello, el edificio deberá considerar estrategias de diseño apropiadas, que apunten a alcanzar las condiciones de confort con un mínimo de demanda de energía.

De no ser posible que el edificio alcance estándares de confort de forma pasiva, se debe recurrir a sistemas activos de calefacción, refrigeración y/o ventilación que tengan características de eficiencia energética establecidas por valores límites, según se indica en la Guía Técnica de Apoyo N°3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”.

2.1. INDICADORES

El desempeño de las estrategias de diseño pasivo propuestas se deberá verificar a través de los siguientes indicadores:

- a) **Indicadores de limitación de la demanda de energía:** Transmitancia térmica (W/m^2K), factor solar modificado (s/d), permeabilidad al aire de fachada ($1/h$), permeabilidad al aire de ventanas (m^3/h), demanda energética (kWh/m^2a) (GTA N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”).
- b) **Indicadores de calidad del aire:** Tasa de aire exterior por persona, Tap ($m^3/h \cdot persona$); tasa de aire exterior por superficie, Tas ($m^3/h \cdot m^2$) (GTA N°6: “Calidad del Aire Interior”).
- c) **Indicadores de confort higrotérmico:** Temperatura del aire Ta ($^{\circ}C$), temperatura operativa To ($^{\circ}C$), humedad relativa del aire (%), distribución de frecuencia de temperatura Dft (%), dentro de la zona de confort (GTA N°7: “Confort Higrotérmico”).
- d) **Indicadores de confort lumínico:** Iluminancia (lux), uniformidades de la iluminación (s/d), distribución de luminancias (cd/m^2), deslumbramiento (s/d), aspecto de color: rendimiento y apariencia (s/d), contribución de luz natural (%), Factor de luz día (%) (GTA N°8: “Confort Lumínico”).

3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO

El diseño arquitectónico pasivo de una edificación pública debe basarse en una completa comprensión del clima en el que está inserto el edificio. La relación entre clima y arquitectura es un aspecto clave en el diseño arquitectónico, pues la obra de arquitectura se beneficia de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Según esto, es de vital importancia entender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que es a su vez influenciado por las características del medio ambiente en el que se inserta.

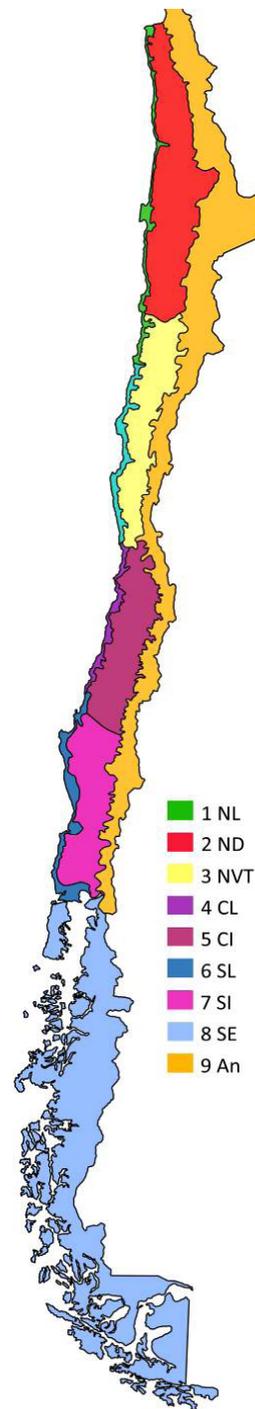
En Chile encontramos una gran diversidad climática, por lo que al inicio del proceso de diseño se deberá realizar un análisis que permita caracterizar el clima local y, de esta manera, identificar las estrategias de diseño arquitectónico pasivo apropiadas al clima y a las características de uso del edificio.

Las presentes Guías Técnicas de Apoyo se basan en la Zonificación Climática de Chile de acuerdo a la Norma Chilena NCh 1079 Of.2008, que identifica nueve zonas climáticas sin incluir la Antártica, ni las islas Salas y Gómez, San Ambrosio y San Félix (Tabla 1.1).

3.1. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE CHILE (NCH 1079 OF.2008)

Tabla 1.1: Zonificación climática de Chile (NCh 1079 Of.2008)

- 1 NL Norte Litoral:** Se extiende desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de La Ligua, ocupando la faja costera el lado de la Cordillera de la Costa, hasta donde se deja sentir directamente el mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. Ancho variable llegando hasta 50 km aproximadamente.
- 2 ND Norte Desértica:** Ocupa la planicie comprendida entre ambas cordilleras (de la Costa y de los Andes). Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos, Pueblo Hundido y Chañaral excluidos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3000 m aproximadamente.
- 3 NVT Norte Valles Transversales:** Ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL, excluida la Cordillera de los Andes por sobre 400 m y, desde Pueblo Hundido hasta el valle del río Aconcagua, excluido.
- 4 CL Central Litoral:** Cordón costero continuación zona NL desde el Aconcagua hasta el valle del Bío-Bío, excluido. Penetra ampliamente en los anchos valles que abren las desembocaduras de los ríos.
- 5 CI Central Interior:** Valle central comprendido entre la zona NL y la Precordillera de los Andes por bajo los 1000 m. Por el N comienza con el valle del Aconcagua y por el S llega hasta el valle del Bío-Bío, excluido.
- 6 SL Sur Litoral:** Continuación de zona CL desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.
- 7 SI Sur Interior:** Continuación de zona CI, desde el Bío-Bío incluido, hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el E, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m, aproximadamente.
- 8 SE Sur Extremo:** La constituye la región de los canales y archipiélagos, desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el E.
- 9 An Andina:** Comprende la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3000 m de altitud en el Norte (Zona Altiplánica) que bajando paulatinamente, se pierde al Sur de Puerto Montt. > 900 m de altitud.



3.2. PARÁMETROS DE ANÁLISIS CLIMÁTICO

El análisis de las condiciones climáticas del contexto específico es la base para definir las estrategias generales de diseño pasivo de edificaciones públicas, aplicadas a cada una de las zonas climáticas de Chile.

Para poder caracterizar un clima, es necesario considerar los distintos parámetros climáticos que lo componen, los cuales son: temperatura, humedad, radiación solar, viento, nubosidad y pluviometría. Estos parámetros nos ayudan a entender el comportamiento del medio natural en que se emplaza un proyecto, de modo de saber qué ventajas podemos aprovechar y de qué elementos climáticos es necesario protegerse, puesto que afectarán el bienestar de los ocupantes.

3.2.1. Temperatura

Se refiere a la radiación solar que es acumulada por el suelo y luego entregada al aire como radiación infrarroja. La temperatura normalmente es medida como temperatura relativa del aire en grados Celsius (°C). Cuando se habla de temperatura interior de un recinto se debe considerar la temperatura del aire y la temperatura radiante de los muros. Es importante también considerar las temperaturas máximas, medias y mínimas, así como las oscilaciones térmicas diarias y estacionales.

3.2.2. Humedad

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. El aire, al aumentar su temperatura, es capaz de contener una mayor cantidad de agua; este factor es entendido como humedad relativa del aire. El aire contiene una mayor cantidad de vapor de agua si se encuentra cerca de fuentes de agua como el mar o lagos, y menor cantidad si se trata de climas áridos o desérticos. La humedad del aire influye en la sensación térmica y en la posibilidad de condensación. En climas con alta humedad relativa y bajas temperaturas invernales, existen mayores riesgos de ocurrencia de condensación en los elementos constructivos.

3.2.3. Radiación solar

La radiación solar depende de la inclinación con que llegan los rayos del sol a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra respecto del Norte. Las estaciones del año se diferencian por el ángulo de inclinación de los rayos del sol, lo que afecta a la cantidad de energía que llega efectivamente a la tierra. Es por esto que en Chile existen diferencias entre la radiación solar en verano (mayor) y en invierno (menor). Estos datos dependen del azimut y la altitud del sol respecto del cenit.

3.2.4. Asoleamiento

Se refiere a como la trayectoria solar incide en la cantidad de radiación solar que recibe el sitio donde se proyecta el edificio, y los espacios interiores del edificio ya construido. La incidencia del asoleamiento depende de la ubicación del proyecto con respecto al sol. Para conocer esta información es recomendable utilizar la carta solar del lugar en estudio, la que depende de la latitud.

3.2.5. Vientos predominantes

Los vientos son movimiento de aire debido a diferencias de presión en la atmósfera. Los parámetros de viento son velocidad, dirección y frecuencia. La velocidad se refiere a la rapidez con que se mueve una masa de aire, puede ser medida en (km/h) y en (m/s). La dirección desde la que sopla el viento se mide con respecto a los puntos cardinales y es expresada en grados desde el norte geográfico. La rosa de los vientos ilustra la frecuencia con que el viento sopla desde una dirección determinada y se expresa en horas.

3.2.6. Nubosidad

Es la cantidad de días cubiertos y la extensión de cielo cubierto por nubes. Este factor no siempre está documentado en los informes climáticos, por lo que se recomienda la observación del cielo y consultar datos con los habitantes de la zona. Este factor se relaciona con la radiación solar disponible y la calidad y cantidad de iluminación natural. En iluminación se utiliza el concepto de tipos de cielo, que se refiere a la definición hecha por la Comisión internacional de iluminación (CIE) donde se establecen cuatro niveles de nubosidad.

3.2.7. Precipitaciones

Las precipitaciones son el agua que cae sobre la tierra, en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, aguanieve, granizos. Esta clasificación no incluye la neblina ni el rocío. La cantidad de precipitaciones que cae en un lugar en un tiempo determinado se llama pluviosidad, y se mide en litro por metro cuadrado de agua caída (l/m^2), pero se presenta en milímetros pues un litro sobre un metro cuadrado tiene una altura de 1mm. La información se entrega normalmente como promedio mensual de precipitaciones. Este factor es determinante al diseñar la envolvente de los edificios y se ve relacionado con la velocidad y dirección del viento.

3.3. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO

Una vez que se ha logrado un buen análisis de las características climáticas y microclimáticas del emplazamiento del proyecto, se deben tomar decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas.

3.3.1. Orientación

La orientación de los edificios determina en gran parte su demanda energética de calefacción y refrigeración en etapa de uso. Una buena orientación podría minimizar considerablemente las demandas energéticas a través del control de las ganancias solares.

Para edificaciones públicas, que se caracterizan por altas ganancias internas generadas por usuarios, equipos e iluminación, se recomienda – siempre que sea posible – una orientación norte-sur de sus fachadas principales, ya que esto facilita las estrategias de protección de fachadas.

Las distintas fachadas de una edificación pública tienen diferentes condiciones de asoleamiento, por lo que pueden ser tratadas según las estrategias que se detallan a continuación:

- a) **Norte:** Una fachada orientada al Norte recibe la radiación solar durante la mayor parte del día, dependiendo de la latitud a la que se encuentre y la época del año. En invierno el sol se encuentra más bajo con respecto al cenit, por lo que tendrá una mayor penetración a través de superficies acristaladas. Esta fachada se puede sombrear fácilmente en verano con protecciones horizontales como aleros.
- b) **Este:** La fachada Este recibirá el sol por la mañana tanto en invierno como en verano. El sol es bajo, ya que recién se asoma por el horizonte. La presencia de superficies acristaladas en esta fachada puede generar sobrecalentamiento en determinados climas si no es protegida.
- c) **Sur:** Esta fachada no recibe radiación solar en forma directa durante gran parte del año. Sólo en verano puede recibir algo de sol, dependiendo de la latitud. Debido a lo anterior, la fachada Sur no requiere de protección solar. Sin embargo, dependiendo del clima en que se emplace el proyecto, las superficies acristaladas de esta fachada deben lograr un adecuado balance que evite excesivas pérdidas de calor y logre una adecuada iluminación natural.
- d) **Oeste:** La fachada Oeste recibe radiación solar durante la tarde, lo que coincide con las más altas temperaturas del día. Debido a lo anterior, esta fachada tiene los mayores riesgos de sobrecalentamiento en verano, por lo que es necesario proteger las superficies acristaladas que se encuentran sobre ésta. Las protecciones solares pueden ser exteriores, interiores, móviles, fijas o incluso puede ser un vidrio con control solar.

3.3.2. Factor de forma

La volumetría de un edificio debe estar relacionada con el clima en que éste se encuentre y el programa de uso que contiene. Para cumplir con lo anterior, el arquitecto debe tener muy claro si el edificio busca conservar el calor dentro de sí o disiparlo al ambiente.

El factor de forma es una ecuación simple que relaciona la superficie envolvente expuesta con el volumen envuelto. Un factor de forma bajo significa que el edificio tiene menor superficie envolvente expuesta y, por lo tanto, menos pérdidas de calor.

Para reducir al máximo las pérdidas de calor no deseadas, se recomienda minimizar la superficie envolvente expuesta. Esto influye, además, en una buena protección térmica y contra el viento. En el caso de que se quisiera que el edificio perdiera calor por su envolvente, por ejemplo en climas cálidos, se recomienda aumentar el factor de forma.

Los volúmenes pequeños suelen tener un factor de forma mayor que los grandes edificios, especialmente si son de un solo nivel. En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de un edificio – debido a requerimientos funcionales – se debe prestar más atención a la calidad de la envolvente (en climas fríos) y al control de la radiación solar (ya sea aprovechándola en climas fríos o controlándola en climas cálidos).

3.3.3. Zonificación interior

Con esta estrategia se busca organizar los espacios que contiene un edificio, de acuerdo a sus necesidades de calefacción, iluminación natural y confort acústico.

Normalmente, un edificio contiene espacios con distintos usos cuyas necesidades son distintas: oficinas, salas de reuniones, baños, bodegas. etc.; por lo tanto, deben ubicarse en distintas zonas del edificio. Por ejemplo, una sala de reuniones con proyección de imágenes no necesita la entrada de luz natural directa, por lo que sería mejor ubicarla en el sur del edificio. Del mismo modo, sería también necesario aislarla de los ruidos exteriores.

3.3.4. Protección del acceso

En climas fríos o templados es necesario proteger los accesos a los edificios de las temperaturas exteriores y del viento en invierno. Con este fin, se recomienda que la entrada a los edificios sea por un espacio cerrado o vestíbulo, configurado por dobles puertas. Esta estrategia permite que el acceso actúe como una zona de transición que evita excesivas pérdidas de calor por ventilación. En zonas con lluvias, es necesario además crear un espacio donde la gente pueda guarecerse antes de ingresar a los edificios. En climas calurosos este espacio de transición actúa como elemento

que gradúa la luz y controla el posible ingreso de polvo por efecto del viento. Su rol también es de ayudar a controlar el ingreso de calor cuando se dispone de sistemas de clima.

3.3.5. Estrategias de calentamiento pasivo

Las estrategias de invierno se orientan al calentamiento pasivo de los espacios, pero es importante discriminar si las características climáticas y de uso del edificio resultan en que estas estrategias sean pertinentes o no. Por lo anterior, es importante tener presente que los edificios públicos tienen altas ganancias de calor interno debido a su alta densidad de ocupación.

Las estrategias de calentamiento pasivo en invierno, consisten en captar la radiación solar a través de una orientación principalmente Norte, almacenar el calor en la masa térmica de la estructura del edificio y principalmente conservar el calor a través de una envolvente aislada y hermética, condición que se evalúa según clima y función del edificio.

3.3.6. Estrategias de enfriamiento pasivo

Las estrategias de verano se orientan al enfriamiento pasivo de los espacios, a través de una adecuada protección solar que contemple las diferentes orientaciones de los recintos, la ventilación natural y, el enfriamiento pasivo evaporativo en aquellos casos en que el clima local lo permita.

3.3.7. Estrategias de ventilación natural

Las estrategias de ventilación deberán considerarse tanto para invierno como para verano, donde en invierno tienen como objetivo asegurar la calidad del aire interior, mientras que en verano debe además asegurar el confort térmico de sus ocupantes. Las estrategias de ventilación deberán considerar aspectos climáticos como velocidad y dirección de los vientos predominantes, además del régimen de temperaturas.

3.3.8. Estrategias de iluminación natural

Las estrategias de iluminación natural deberán apuntar a captar la luz natural, transmitirla, distribuirla uniformemente en los espacios, y controlar el riesgo de deslumbramiento. Se deberán considerar aspectos climáticos, como el tipo de cielo predominante en el contexto climático local y la inclinación del sol (azimut) en las distintas estaciones del año.

3.3.9. Materialidad

La elección e instalación de materiales y diseño de detalles constructivos deben estar orientadas

a garantizar una construcción perdurable, adaptada a las distintas condiciones ambientales del lugar, al uso intenso a que se somete este tipo de edificios y al costo controlado de construcción, operación y mantención.

4. PROCEDIMIENTO

Las estrategias de diseño deben ser adecuadamente seleccionadas e integradas al proyecto, como resultado del trabajo interdisciplinario entre el consultor y los especialistas. Este trabajo interdisciplinario debe comenzar al inicio del proceso de diseño, que es el momento clave donde es posible incorporar estrategias pasivas adecuadas al contexto climático y a las características de uso del edificio. La tardía incorporación de los especialistas en el proceso de diseño limita considerablemente las posibilidades de lograr un diseño arquitectónico pasivo, dejando sólo espacio para incorporar sistemas activos, que como se indicó antes en este documento, es un objetivo secundario dentro del proceso de diseño pasivo con eficiencia energética de edificaciones públicas.

Los procedimientos para comprobar el cumplimiento de las exigencias relacionadas al desempeño pasivo del edificio son los siguientes:

4.1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y CONFORT HIGROTÉRMICO

Para aquellos edificios cuya superficie de construcción sea menor o igual a 500m², sólo deberá verificarse el cumplimiento de las exigencias impuestas para la especificación de elementos de envolvente en cada zona climática, mediante el método simplificado expuesto en la sección 4.1 de la Guía Técnica de Apoyo N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”.

Para aquellos edificios cuya superficie de construcción sobrepase los 500m², se deberá aplicar un proceso iterativo de simulaciones para estimar la demanda de energía de calefacción y refrigeración (Guía Técnica de Apoyo N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”), o bien frecuencias de temperaturas dentro de la zona de confort higrotérmico para el caso de edificios pasivos (Guía Técnica de Apoyo N°7: “Confort Higrotérmico”). Se deberá limitar la demanda energética del edificio, estimando dicha demanda por medio de simulación computacional de desempeño, a través del uso de software de especialidad (GTA N°2 y GTA N°7).

4.2. CALIDAD DEL AIRE

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias de calidad del aire, se podrá utilizar el método de cálculo directo que define el capítulo 4 de la Guía Técnica de Apoyo N°6: “Calidad del Aire Interior” o un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados.

4.3. CONFORT HIGROTÉRMICO

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias de confort higrotérmico, se podrá utilizar el método de cálculo directo y métodos de simulación con software que define el capítulo 4 de la Guía Técnica de Apoyo N°7: “Confort Higrotérmico” o un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados.

4.4. CONFORT LUMÍNICO

Para verificar el cumplimiento de los indicadores de confort lumínico, se deben realizar cálculos directos y métodos de simulación con software, según se detalla en el capítulo 4 de la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá comprobar que se cumplen los criterios de desempeño establecidos en las siguientes Guías Técnicas, a través de los métodos de cálculo establecidos en cada una de ellas:

- GTA N°2: “Limitación de la demanda energética de edificios”.
- GTA N°6: “Calidad del aire interior”.
- GTA N°7: “Confort higrotérmico”.
- GTA N°8: “Confort lumínico”.
- GTA N°9: “Confort acústico”.

Si no se cumplen estos criterios a través de las estrategias de diseño arquitectónico pasivo, se deberá recurrir a sistemas activos de calefacción, refrigeración y/o ventilación, según sea pertinente, cuidando de cumplir con los criterios de desempeño establecidos en la Guía Técnica de Apoyo N°3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”, a través de los métodos de cálculo allí detallados.

GLOSARIO

Abertura de admisión: Abertura de ventilación que sirve para la admisión, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de admisión.

Abertura de extracción: Abertura de ventilación que sirve para la extracción, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de extracción.

Absorción acústica: Es el fenómeno físico que se describe a través del porcentaje de la energía sonora, que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1.

Aislamiento acústico: Propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora de un recinto a otro.

Confort higrotérmico: Manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente.

Demanda energética: La cantidad de energía (en kW·h/m²·año) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, para compensar el efecto de las cargas térmicas y mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada espacio. Se diferencia del consumo energético en que este último resulta ser mayor al considerar la energía efectiva utilizada para cumplir ese objetivo, al incorporar en el cálculo energético la eficiencia del sistema de climatización utilizado, considerando el tipo de fuente de energía primaria, el tipo de instalación y sus pérdidas por distribución.

Demanda energética de calefacción: Medida de la eficiencia energética ponderada, en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para calefacción.

Demanda energética de refrigeración: Medida de la eficiencia energética ponderada en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para refrigeración.

Deslumbramiento: La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.

Edificio pasivo: Edificio que no dispone de un sistema de calefacción y refrigeración, por lo que el control térmico lo realizan los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas.

Envolvente térmica: El conjunto de elementos y componentes constructivos que limitan térmicamente los espacios interiores de las condiciones del ambiente exterior de un edificio, definiendo el grado y forma de interacción entre ellos. Está constituida principalmente por los elementos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Hermeticidad: La calidad de estanqueidad de un cerramiento o componente al paso del aire, lograda por medio de su sellado o fusión.

Iluminancia: Flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área.

Infiltración: Flujo de aire no controlado que se produce a través de las juntas entre materiales y otros defectos constructivos de diseño y ejecución. Medida como tasa de flujo volumétrico de aire exterior hacia el interior de un edificio, el proceso de infiltración se produce de manera no controlada, a diferencia de la ventilación.

Luminancia: Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie.

Masa térmica: Sistema material con un potencial de acumulación de calor, caracterizado generalmente por un espesor considerable, un elevado calor específico volumétrico y una conductividad térmica moderada. Ello permite la distribución gradual de la energía a través del material y, dado que requiere una cantidad importante de energía para elevar su temperatura, el control de las oscilaciones térmicas extremas mediante el fenómeno de inercia térmica.

Modelo de confort adaptativo: Modelo que relaciona rangos de temperaturas interiores aceptables con parámetros climáticos exteriores.

Puente acústico: Discontinuidad de un elemento constructivo que genera una mayor transmisión de la energía acústica.

Puente térmico: Sección de la envolvente térmica a través de la cual la transferencia de calor entre el interior y el exterior se produce de forma más expedita debido a una menor resistencia térmica, producida por una discontinuidad en su materialidad, cambio de espesor o cambio de geometría.

Reverberación: Es el fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la emisión de la fuente de ruido. Esto a causa de las reflexiones superficiales en el mismo.

Ruido: Sonido no deseado, capaz de generar una sensación auditiva desagradable.

Sonido: Es cualquier variación de la presión en el aire que pueda generar una sensación auditiva.

Tiempo de reverberación: Es el tiempo en que la energía acústica se reduce a la millonésima parte de su valor inicial (ó 60 dB), una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

Ventilación híbrida: Ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural; y cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

Ventilación mecánica: Ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos para tal efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

Ventilación natural: Ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

Ventilación: Proceso de renovación del aire de los recintos para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), Arquitectura y construcción: Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. NCh 1079 Of.2008. Santiago, Chile.

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2009), ASHRAE Handbook Fundamentals. SI ed., Atlanta, USA.

D'Alencon, R. (2008), Acondicionamientos: arquitectura y técnica, Santiago, Ediciones ARQ.

De Herde, A., & Reiter, S. (2001). L'éclairage naturel de bâtiments. Architecture et climat, Faculté de Sciences Appliquées, Université catholique de Louvain.

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), Arquitectura y construcción: Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. NCh 1079 Of.2008. Santiago, Chile.

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), C. E. (2005). Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de Edificios. Madrid.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). "Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones". D.S. Nº 47/92 MINVU. CHILE.

Ministerio de Vivienda, (2006), Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España.

Szokolay, S. (2004), Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design. Amsterdam: Elsevier.

The Department for Children, Schools and Families, (2007), Building Bulletin 101: Ventilation of School Buildings. Version 1.4 UK. ISBN 011-2711642

Vigrán, E. (2008). "Building Acoustics". Taylor & Francis; 1ra Ed.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 2
Limitación de la Demanda Energética de Edificios**

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica Limitación de Demanda Energética de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto, desarrollando una envolvente de características tales que permita limitar adecuadamente la demanda energética para satisfacer los requerimientos de:

- a) Confort térmico de los recintos habitables.
- b) Condiciones térmicas de operación, en el caso de recintos no habitables específicos.

Se evaluará la capacidad de los edificios proyectados, tanto en su fase de diseño como durante la obra, para limitar la demanda energética de calefacción y refrigeración, en función del clima de la localidad en que se ubica el edificio (sección 2.2) y de la carga interna en sus espacios (apartado 4.2.5), de este documento.

La demanda energética resultante deberá ser igual o inferior a la correspondiente a un edificio caracterizado por parámetros ajustados a los valores límites (sección 3.1).

La comprobación del cumplimiento de valores límites de la demanda energética del edificio objeto deberá verificarse a través de su comparación con la demanda energética del edificio de referencia. La referencia de demanda energética será aquella resultante del mismo edificio, caracterizado por parámetros de cerramientos que componen su envolvente térmica de valor igual a los límites para su zona.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

Los parámetros que definen la calidad de la envolvente térmica se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de elementos particulares:

- a) Transmitancia térmica (W/m^2K)
 - Transmitancia térmica de cubiertas, U_c
 - Transmitancia térmica de muros de fachada, U_m
 - Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, U_t
 - Transmitancia térmica de pisos en contacto con el terreno, U_{pt}
 - Transmitancia térmica de pisos ventilados, U_{pv}
 - Transmitancia térmica de vanos, U_v
 - Transmitancia térmica ponderada envolvente vertical, U_{pev}
- b) Factor solar modificado (s/d)
 - Factor solar modificado de vanos acristalados, F_v
 - Factor solar modificado de lucernarios, F_l
- c) Recambios de aire por infiltración (1/h)
 - Permeabilidad al aire de la envolvente a 50 Pa, F_i
- d) Permeabilidad al aire de ventanas (m^3/h)
 - Permeabilidad al aire de ventanas a 100 Pa, P_v
- e) Demanda energética (kWh/m^2a)
 - Demanda energética de calefacción, Dec
 - Demanda energética de refrigeración, Der

2.2. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

Se utilizará la zona climática conforme a la ubicación del edificio, utilizando como referencia la Norma Chilena NCh 1079 Of. 2008. La presente versión de esta norma distingue 9 zonas climáticas, las que se describen en GTA 1, 3.1 en página 49.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

En éste punto se establecen valores límites de parámetros de Transmitancia Térmica, Factores Solares de Vanos acristalados y Permeabilidad al Aire para los edificios.

3.1. VALORES LÍMITES

A continuación se presentan los valores límites de Transmitancia Térmica, Factores Solares de Vanos acristalados y Permeabilidad al Aire para cada zona climática.

ZONA CLIMÁTICA 1 NL: NORTE LITORAL

Tabla 2.1: Valores Límites para Zona Climática 1 NL: NORTE LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,80
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	2,00
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	2,00
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	3,00
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	2,00
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	5,00

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	5,80	5,80	5,80	5,80
11 a 20	5,80	5,80	5,80	5,80
21 a 30	5,80	5,80	5,80	5,80
31 a 40	5,80	5,80	5,80	5,80
41 a 50	5,80	5,80	5,80	5,80
51 a 60	5,80	5,80	5,80	5,80
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	0,54	-	0,56	0,54	-	0,56
41 a 50	0,45	0,60	0,49	0,45	0,60	0,49
51 a 60	0,40	0,54	0,43	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,10						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
	6,0	12,0

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3-2-1

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 2 ND: NORTE DESÉRTICA

Tabla 2.2: Valores Límites para Zona Climática 2 ND: NORTE DESÉRTICA

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,40
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,50
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,70
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	1,70

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	0,54	-	-	0,54	-	-
31 a 40	0,50	-	0,56	0,50	-	0,56
41 a 50	0,45	0,55	0,49	0,45	0,55	0,49
51 a 60	0,40	0,50	0,43	0,40	0,50	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,30						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		6,0

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3-2

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 3 NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES

Tabla 2.3: Valores Límites para Zona Climática 3 NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,60
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,80
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	1,20
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	2,30

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	0,54	-	-	0,54	-	-
31 a 40	0,50	-	0,56	0,50	-	0,56
41 a 50	0,45	0,60	0,49	0,45	0,60	0,49
51 a 60	0,40	0,54	0,43	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,38						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		3,5

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3-2

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 4 CL: CENTRAL LITORAL

Tabla 2.4: Valores Límites para Zona Climática 4 CL: CENTRAL LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,60
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,80
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	1,20
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	2,30

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	0,54	-	0,57	0,54	-	0,57
31 a 40	0,42	0,58	0,45	0,42	0,58	0,45
41 a 50	0,35	0,49	0,43	0,35	0,49	0,43
51 a 60	0,30	0,43	0,40	0,30	0,43	0,40
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,38						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		3,5

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3-2

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 5 CI: CENTRAL INTERIOR

Tabla 2.5: Valores Límites para Zona Climática 5 CI: CENTRAL INTERIOR

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,40
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,60
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,80
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	1,72

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	0,50	-	-	0,50	-	-
31 a 40	0,50	0,60	0,56	0,50	0,60	0,56
41 a 50	0,45	0,55	0,49	0,45	0,55	0,49
51 a 60	0,40	0,50	0,43	0,40	0,50	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,29						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		3,0

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 6 SL: SUR LITORAL

Tabla 2.6: Valores Límites para Zona Climática 6 SL: SUR LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,40
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,60
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,80
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	1,72

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,54	-	0,57
31 a 40	-	-	-	0,42	0,58	0,45
41 a 50	-	-	-	0,35	0,49	0,37
51 a 60	-	-	-	0,30	0,43	0,32
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,29						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		3,0

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 7 SI: SUR INTERIOR

Tabla 2.7: Valores Límites para Zona Climática 7 SI: SUR INTERIOR

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,30
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,50
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,70
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	1,43

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	0,60	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,56	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,36						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		2,5

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4-3

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 8 SE: SUR EXTREMO

Tabla 2.8 Valores Límites para Zona Climática 8 SE: SUR EXTREMO

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,25
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,40
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,40
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,50
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,40
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	1,15

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	-	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,60	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,20						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
		2,5

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

ZONA CLIMÁTICA 9 AN: ANDINA

Tabla 2.9: Valores Límites para Zona Climática 9 AN: ANDINA

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia térmica límite de cubierta	0,25
Transmitancia térmica límite de muro de fachada	0,30
Transmitancia térmica límite de pisos en contacto con el terreno	0,35
Transmitancia térmica límite de pisos ventilados	0,40
Transmitancia térmica límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,30
Transmitancia térmica ponderada límite paramentos verticales	0,87

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos acristalados	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	2,90	2,90	2,90	2,90
11 a 20	2,90	2,90	2,90	2,90
21 a 30	2,90	2,90	2,90	2,90
31 a 40	2,90	2,90	2,90	2,90
41 a 50	2,90	2,90	1,90	2,90
51 a 60	2,90	2,90	1,90	2,90
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS ACRISTALADOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos acristalados	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	0,54	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,49	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,43	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,10						

PERMEABILIDAD AL AIRE - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa	CON Sistema Mecánico de Ventilación	SIN Sistema Mecánico de Ventilación
	2,0	3,0

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	4

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

4. PROCEDIMIENTO

En esta Guía Técnica de Apoyo, se distinguen dos procedimientos para verificar el cumplimiento de las exigencias de los valores límites por zona climática expuestos en el punto 3.1; Método Simplificado y Método computacional.

El Método simplificado, se utilizará en aquellos edificios cuyas superficies de construcción sean menores o iguales a 500 m², donde se deberá verificar el cumplimiento de las exigencias impuestas para la especificación de elementos de envolvente en cada zona climática, mediante comparación de los valores obtenidos del cálculo con los valores límites permitidos.

El Método Computacional se utilizará en aquellos edificios cuyas superficies de construcción sean mayores a 500 m², basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios.

Se deberá aplicar un proceso iterativo de simulaciones computacionales para limitar la demanda de energía de calefacción y refrigeración, dando cumplimiento a lo señalado en todas las secciones del capítulo 4 de este documento. Se deberá estimar la demanda energética del edificio a través del uso de software de especialidad (ver apartado 4.2.6). Así, esta evaluación se realizará mediante el desempeño potencial del edificio, en dos situaciones:

- a) **Modelo de Referencia:** elaborado según diseño del edificio en estudio, en cuanto a forma, tamaño, zonificación interior y programa de recintos, además de considerar los mismos obstáculos remotos. La elaboración del modelo deberá considerar una especificación ajustada a los requerimientos mínimos sobre calidad constructiva de los componentes de envolvente (transmitancias térmicas y permeabilidad al aire) y elementos de control de la radiación solar (factor solar modificado) que den cumplimiento a las exigencias contenidas en la sección 3.1.
- b) **Modelo de Proyecto:** manteniendo la forma y tamaño del edificio de referencia, este modelo se deberá elaborar de acuerdo a lo proyectado y especificado en cuanto a geometría, construcción y operación.

4.1. MÉTODO SIMPLIFICADO

El método simplificado se basa en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de parámetros característicos de los cerramientos. La comprobación se realiza a través de la comparación de valores obtenidos mediante cálculo o certificados de ensayo experimental con los valores límites de cada zona climática donde se emplaza el proyecto en relación a:

- Transmitancia térmica máxima de cubierta, muros de fachada, pisos en contacto con el terreno y transmitancia térmica ponderada de paramentos verticales.
- Transmitancia térmica de vanos acristalados, según orientación y porcentaje en relación a la envolvente.
- Factor solar modificado de vanos acristalados y lucernarios, según orientación y porcentaje en relación a la superficie de la envolvente.
- Permeabilidad al aire de ventanas.

Para determinar los valores característicos de los cerramientos del edificio proyectado, se deberán aplicar los siguientes procedimientos de cálculo:

4.1.1. CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Para la determinación de los valores de transmitancia térmica de elementos de la envolvente se podrá utilizar métodos de cálculo según normas NCh 853 Of. 2007, NCh 3137/1 Of. 2008, ISO 10077-2:2003, o un programa informático basado en método de cálculo aceptado. Las propiedades físicas de conductividad térmica y densidad de los materiales se obtendrán de la norma NCh 853 Of. 2007, de informes oficiales o certificados de ensayo.

4.1.2. CÁLCULO DE FACTOR SOLAR MODIFICADO

El factor solar modificado de vanos acristalados **Fv** o lucernario **FI** se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - F_m) \cdot g_{\perp} + F_m \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

Donde:

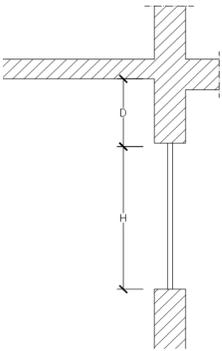
- F_s**: Factor de sombra del vano acristalado o lucernario obtenido de las tablas 2.11 a 2.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_s se debe considerar igual a la unidad.
- F_m**: Fracción del vano ocupada por el marco, en el caso de ventanas, o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.
- g_⊥**: Factor solar de la parte semitransparente del vano o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998, o de certificados oficiales.
- U_m**: Transmitancia térmica del marco del vano o lucernario.
- α**: Absortividad del marco, obtenida de la tabla 2.10 en función de su color:

Tabla 2.10: Absortividad del marco para radiación solar

COLOR	CLARO	MEDIO	OSCURO
Blanco	0,20	0,30	-
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	-
Negro	-	0,96	-

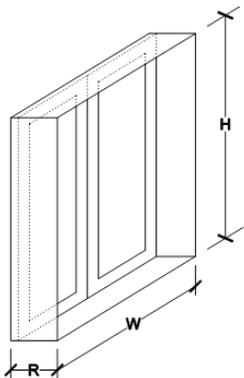
Fuente: Código Técnico de la Edificación de España

Tabla 2.11: Factor de sombra para obstáculos de fachada (voladizo).

		L / H				
		$0,2 < L / H \leq 0,5$	$0,5 < L / H \leq 1$	$1 < L / H \leq 2$	$L / H > 2$	
	N	$0 < D / H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16
		$0,2 < D / H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22
		$D / H > 0,5$	0,93	0,82	0,6	0,39
	S	$0 < D / H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
		$0,2 < D / H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
		$D / H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
	E/O	$0 < D / H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
		$0,2 < D / H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
		$D / H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

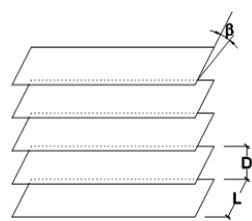
Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

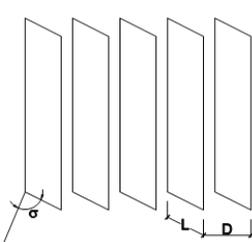
Tabla 2.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada (retranqueo).

		ORIENTACIÓN DE LA FACHADA				
			0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5
	N	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
		RH > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
	NE/NO	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,86	0,81	0,72	0,51
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,79	0,74	0,66	0,47
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,59	0,56	0,47	0,36
		RH > 0,5	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,91	0,87	0,81	0,65
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,86	0,82	0,76	0,61
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,71	0,68	0,61	0,51
		R/H > 0,5	0,53	0,51	0,48	0,39

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

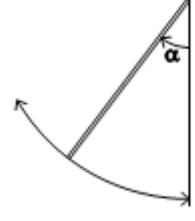
Tabla 2.13: Factor de sombra para obstáculos de fachada (lamas).

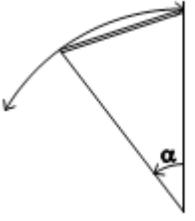
		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0°	30°	60°
	NORTE	0,49	0,42	0,26
	NORESTE / NOROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE / OESTE	0,57	0,45	0,27

		ANGULO DE INCLINACIÓN						
		-60°	-45°	-30°	0°	30°	45°	60°
	NORTE	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	NORESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,4	0,3
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,5	0,41	0,29
	NOROESTE	0,38	0,44	0,5	0,56	0,53	0,48	0,38

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

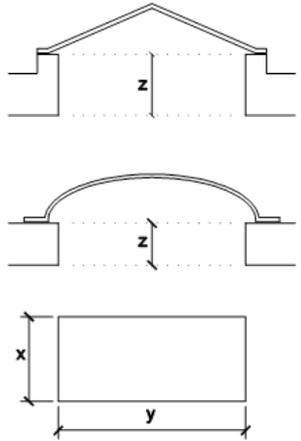
Tabla 2.14: Factor de sombra para obstáculos de fachada (toldos)

	CASO A	Tejido opacos		Tejidos translúcidos	
		$\tau=0$		$\tau=0,2$	
		α	NE / N / NO	E / O	NE / N / NO
	30°	0,02	0,04	0,22	0,24
	45°	0,05	0,08	0,25	0,28
	60°	0,22	0,28	0,42	0,48

	CASO B	Tejido opacos			Tejidos translúcidos		
		$\tau=0$			$\tau=0,2$		
		α	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
	30°	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45°	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
	60°	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

Tabla 2.15: Factor de sombra (lucernarios)

	X / Z	Y / Z					
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
0,1	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
0,5	0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
1,0	1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
2,0	2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
5,0	5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
10,0	10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

Los valores que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales; en caso de lucernarios de planta elíptica o circular, podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayores y menor o el diámetro.

4.1.3. PERMEABILIDAD AL AIRE DE VENTANAS

Se deberá considerar ventanas integrantes de las fachadas, cuyas características de permeabilidad al aire sean conocidas a partir de un certificado de ensayo experimental.

4.2. SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

El método se basa en la evaluación de la demanda energética de los edificios. Se compara la demanda de energía de calefacción y refrigeración del edificio proyectado con un modelo de referencia. Se deberá estimar la demanda energética a través del uso de software de especialidad

Así, esta evaluación se realizará mediante el desempeño potencial del edificio, en dos situaciones:

- a) **Modelo de Referencia:** elaborado según diseño del edificio en estudio, en cuanto a forma, tamaño, zonificación interior y programa de recintos, además de considerar los mismos obstáculos remotos. La elaboración del modelo deberá considerar una especificación ajustada a los requerimientos mínimos sobre calidad constructiva de los componentes de envolvente (transmitancias térmicas y permeabilidad al aire) y elementos de control de la radiación solar (factor solar modificado) que den cumplimiento a las exigencias contenidas en la sección 3.1.
- b) **Modelo de Proyecto:** manteniendo la forma y tamaño del edificio de referencia, este modelo se deberá elaborar de acuerdo a lo proyectado y especificado en cuanto a geometría, construcción y operación.

Los modelos computacionales que se desarrollen como base para llevar a cabo el proceso de simulaciones de desempeño energético de los edificios deberán integrar los siguientes elementos, con el fin de obtener la estimación de demandas energéticas de calefacción y refrigeración para su ocupación y operación:

4.2.1. Registros climatológicos

Para la ejecución de simulaciones de desempeño, deberán utilizarse registros climatológicos de datos obtenidos con una frecuencia horaria (hora a hora), privilegiándose la obtención de estos datos desde fuentes meteorológicas oficiales.

En caso de no existir o verse dificultado el acceso a una base de datos oficial de la localidad del proyecto, podrá utilizarse alternativamente una base de datos climatológicos obtenida mediante la triangulación de datos de las estaciones de medición disponibles más cercanas al lugar.

En cualquier caso, deberá declararse el origen de la base de datos para su validación.

4.2.2. Definición geométrica

Para la definición geométrica del edificio, se debe contar con todos los antecedentes relevantes, incluyendo planos y especificaciones técnicas de arquitectura, emplazamiento y otros que el equipo de diseño pudiera aportar para tal efecto.

Se creará un modelo que represente íntegramente el edificio, en cuanto a su forma, dimensiones, orientación, condición de contacto con el terreno y obstáculos remotos que puedan generar sombra sobre los cerramientos exteriores.

Para la evaluación de los vanos acristalados se deberá incluir aquellos obstáculos remotos, como voladizos, celosías, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior, además del retranqueo de planos.

4.2.3. Definición material

En el caso de elementos constructivos opacos, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica y densidad) de los materiales que conformen las diferentes soluciones constructivas. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007 o el Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) del MINVU.

Para los elementos constructivos acristalados, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica, densidad y factor solar) de los materiales que conformen las soluciones. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, o según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007.

4.2.4. Clasificación de los recintos

Los recintos ubicados al interior de la envolvente térmica de los edificios se clasificarán en recintos habitables y recintos no habitables:

- a) **Recinto habitable:** recinto interior destinado al uso de personas, cuya densidad de ocupación, actividad principal y tiempo de estancia exigen condiciones térmicas y de salubridad adecuadas.
- b) **Recinto no habitable:** recinto interior cuya ocupación, por ser ocasional, excepcional o por períodos muy cortos de tiempo, sólo exige condiciones de salubridad adecuadas. Se incluyen dentro esta categoría recintos tales como: laboratorios, salas de conservación de materiales, salas de máquinas, bodegas, etc.

4.2.5. Condiciones térmicas internas

Los requerimientos de confort térmico para cada recinto habitable o grupo de recintos habitables deberán ser definidos de acuerdo a la Guía Técnica de Apoyo N° 7: “Confort Higrotérmico”.

En los recintos no habitables se permitirá una oscilación libre de la temperatura interior, cuando estos locales no tengan una condición de régimen especial de funcionamiento. En el caso de recintos no habitables que presenten requerimientos de temperatura para su operación, deberá definirse un rango de temperatura operacional particular con el fin de estimar la contribución del sistema de climatización del recinto a la demanda de energía.

Para efectos de cálculo de la demanda energética, los recintos se clasificarán en función de la cantidad de calor disipado en su interior, de acuerdo a la actividad principal que los caracterice y al período de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- a) **Recintos con carga interna baja:** espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a permanecer en ellos, con carácter eventual o sostenido. En esta categoría se incluyen espacios tales como: habitaciones, salas de estar, junto con sus zonas de circulación asociadas, etc.
- b) **Recintos con carga interna alta:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación y/o la operación de iluminación o equipos. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio. En esta categoría se incluyen espacios tales como: salas de clases, servidores de computación, auditorios, laboratorios de computación, cocinas industriales, salas de atención de público, etc.

Junto con lo anterior, deberá definirse un perfil de ocupación y operación con las fuentes de aportes y pérdidas de calor, para cada recinto o grupo de recintos, de acuerdo a su tipo:

- a) **Cargas de ocupación:** se deberá definir de acuerdo a la actividad metabólica de los ocupantes proyectados para el recinto, cuyo número, nivel de actividad y régimen de ocupación deberá ser estimado según el programa arquitectónico, información gráfica contenida en las plantas de arquitectura e indicaciones que pudiese aportar la institución mandante.
- b) **Cargas de iluminación artificial:** para la estimación de cargas de calor por operación de luminarias, deberá considerarse la aplicación de unidades eficientes. La contribución calórica particular de este ítem deberá ser concordante, en forma simultánea, con los requerimientos contenidos en la Guía Técnica de Apoyo N° 4: “Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación”.
- c) **Cargas de operación de equipos:** deberá considerarse la operación de artefactos eléctricos y equipos que contribuyan a la carga de calor de los recintos, incluyendo la eficiencia de

operación de los sistemas de climatización, de acuerdo a lo señalado en Guía Técnica de Apoyo N° 3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”.

- d) **Cargas de ventilación:** en todo caso, para la estimación de tasas de ventilación en recintos habitables y su contribución en términos de aportes o pérdidas de calor, se deberá dar cumplimiento simultáneo a las condiciones contenidas en la Guía Técnica de Apoyo N° 6 “Calidad del Aire Interior”.
- a) **Cargas de infiltración:** El modelo “Edificio de referencia” considerará tasas de infiltración de aire horaria de acuerdo tabla 2.16.

El modelo “Edificio proyecto” podrá utilizar los mismos valores de la tabla 2.16, siempre que se incluya como mínimo planos de detalle y especificaciones técnicas de soluciones de sellado para los elementos de envolvente perimetral y singularidades según la tabla 2.17, y ventanas cuya clase esté en conformidad con los valores límites por zona climática especificados en el punto 3.1. De lo contrario, el “Edificio proyecto” deberá considerar un valor de infiltración horaria por defecto de 1 (1/h).

Tabla 2.16: Valores de infiltración normalizada¹ para edificio de referencia por zona climática

Zona Climática	Infiltración de aire de edificio con Sistema Mecánico de Ventilación (1/h)	Infiltración de aire de edificio sin Sistema Mecánico de Ventilación (1/h)
1 NL	0,5	1,0
2 ND	0,5	1,0
3 NVT	0,3	0,6
4 CL	0,3	0,6
5 CI	0,3	0,5
6 SL	0,3	0,5
7 SI	0,2	0,4
8 SE	0,2	0,3
9 AN	0,2	0,3

Fuente: Elaboración propia con información de laboratorio CITEC UBB

¹ Infiltración normalizada se refiere a la ponderación de las infiltraciones de aire en cambios de aire por hora considerando la hermeticidad al aire de la envolvente y factores climáticos como la velocidad del viento y diferencial de temperatura.

Tabla 2.17: Singularidades de la envolvente para especificación de sellado

Encuentro Piso-Sobrecimiento-muro/ Losa-Muro/ Entrepiso-Muro	Encuentro Cielo-Muro-Cubierta	Encuentro Ventana-Marco-Muro	Encuentro Puerta-Marco-Muro	Canalizaciones de Instalaciones	Perforaciones de Instalaciones
					
* Los elementos de la envolvente en base a entramados deberán incluir soluciones de membranas como barrera al aire, sellos entre uniones de membrana y traslapos entre membranas de a lo menos 10 cm.					

4.2.6. Programas Informáticos de Referencia

El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los cálculos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación.

Se podrán utilizar para la verificación de la demanda energética programas informáticos reconocidos y validados internacionalmente y utilizados como alternativos a programas informáticos de certificación, como por ejemplo, Tas, Design Builder, Energy Plus, Trnsys, IES.

4.2.7. ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS DEL ESTUDIO

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitudes exteriores e interiores, y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del estudio deberá contemplar los siguientes aspectos:

- a) **Solicitaciones exteriores de radiación solar:** de acuerdo a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios y obstáculos que pueden bloquear dicha radiación.
- b) **Sombreamiento:** determinación de las sombras producidas sobre los vanos acristalados por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.
- c) **Ganancias y pérdidas por conducción:** valoración de ganancias y pérdidas de calor a través de cerramientos opacos y vanos acristalados acristalados, considerando la radiación

absorbida.

- d) **Transmisión de la radiación solar a través de vanos acristalados:** a través de superficies semitransparentes, teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia.
- e) **Valoración del efecto de elementos exteriores de control solar:** a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del vano.
- f) **Infiltraciones:** estimación de la tasa de infiltración de aire a través de la envolvente perimetral en términos de renovaciones / hora.
- g) **Ventilación:** evaluación de patrones de flujo de aire, medido en la cantidad de renovaciones / hora para las diferentes zonas, de acuerdo a patrones de variación horarios y estacionales.
- h) **Efecto de las cargas internas:** diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas, teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica del edificio.
- i) **Evaluación de comportamiento en temperatura controlada y en oscilación libre:** durante los períodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de referencia y durante los períodos sin ocupación.
- j) **Acoplamiento térmico:** entre las zonas térmicas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

5. CONFORMIDAD DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

El especialista a cargo del estudio deberá asesorar al equipo de diseño desde las primeras etapas de desarrollo del anteproyecto de arquitectura, con el objeto de maximizar las ventajas y el efecto beneficioso de una aplicación apropiada de estrategias pasivas de diseño en el desempeño energético del proyecto, que se registrará una vez construido y puesto en operación.

Para permitir la evaluación de estas estrategias, los resultados obtenidos de la aplicación del Método Simplificado y el método de Simulación Computacional, según sea aplicable a cada caso y de acuerdo a los procedimientos contenidos en el capítulo 4 del presente documento, deberán expresarse en un Informe que resuma su estudio.

5.1.1. MÉTODO SIMPLIFICADO

Se verificará que un edificio está en conformidad con las exigencias del presente documento cuando el modelo de proyecto presente valores inferiores o iguales al estándar prescriptivo, realizado según el procedimiento contenido en la sección 4.1 y de acuerdo a la zona climática en la que se localice el proyecto en estudio, es decir, que la transmitancia térmica de los elementos de la envolvente, transmitancia térmica de vanos acristalados por orientación, factores solares modificados por orientación y porcentajes de vanos acristalados, la permeabilidad al aire de la envolvente y de las ventanas, estimadas mediante cálculo con procedimientos aceptados y/o certificaciones cumplan los valores límites definidos para la zona climática en que se ubica el edificio.

5.1.2. SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Se verificará que un edificio está en conformidad con las exigencias del presente documento al comprobarse que las demandas energéticas del modelo de proyecto son iguales o inferiores a las demandas de su modelo de referencia, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, al aplicarse para su evaluación el método detallado en la sección 4.2.

En caso que una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra en el modelo de proyecto, se permitirá ignorar el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

5.2.1. Control de la Ejecución de la Obra

En etapa de ejecución de obra, se deberá planificar y realizar un esquema de Inspección Técnica para comprobar el desarrollo de las obras de acuerdo las especificaciones del proyecto, prestándose especial cuidado a las partidas referentes a la aislación térmica, su correcta colocación, posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares, tales como los procedimientos de corrección de puentes térmicos e infiltraciones y sellos de vanos acristalados, entre otros.

5.2.2. Control de la Obra Terminada

Se verificará que un edificio está en conformidad con las exigencias del presente documento al comprobarse que:

- La transmitancia térmica de los elementos principales de la envolvente, determinada experimentalmente mediante métodos aceptados, sea menor o igual a la transmitancia térmica mínima definida para la zona climática en que se ubica el edificio, pudiendo aceptarse tolerancias porcentuales máximas por tipología constructiva, de acuerdo a la tabla 2.18.

Tabla 2.18: Porcentaje máximo aceptable de Transmitancia térmica para elementos constructivos de la envolvente.

HORMIGÓN (%)	ALBAÑILERÍA DE LADRILLO (%)	ALBAÑILERÍA DE BLOQUE (%)	ESTRUCTURA LIVIANA METAL MADERA (%)	OTROS (%)
30	30	20	10	10

Fuente: Elaboración propia con información de laboratorio CITEC UBB

- La permeabilidad al aire de la construcción en su conjunto y/o la de recintos representativos, determinada experimentalmente mediante métodos aceptados, sea menor o igual a la hermeticidad límite definida para la zona climática en que se ubica el edificio.
- La transmitancia térmica de vanos acristalados por porcentaje de fachada y orientación sea menor que la transmitancia térmica de vanos acristalados definida para la zona climática en que se ubica el edificio. Conforme se deduce de certificados de propiedades térmicas de las ventanas (obtenidos mediante ensayos experimentales), levantamientos y especificaciones as built del edificio.
- Los factores solares modificados por orientación y porcentajes de vanos acristalados sean menor o igual a los valores límites definidos para la zona climática en que se ubica el edificio. Conforme se deduce de cálculos mediante procedimientos aceptados e información recogida de levantamientos y especificaciones as built del edificio.
- Las ventanas dispuestas en la fachada tengan una clase de permeabilidad al aire aceptada para la zona climática en que se ubica el edificio. Conforme se deduce de certificados de propiedades de permeabilidad al aire de las ventanas (obtenidos mediante ensayos experimentales), levantamientos y especificaciones as built del edificio.

Para el caso de edificios de más de 500m² se deberá verificar mediante Método Computacional que:

- La demanda energética del edificio objeto, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, estimada mediante simulación computacional con un software aceptado e información recogida de especificaciones as built, levantamientos y mediciones físico constructivas del edificio, sea menor o igual a la demanda de un edificio de referencia. Entendiendo por edificio objeto y de referencia lo siguiente:
- Edificio de Referencia: edificio que tiene la misma forma, tamaño, zonificación interior, programa de recintos y obstáculos remotos que el edificio objeto o en estudio. La elaboración del modelo de este edificio considera calidades constructivas de los componentes de envolvente (transmitancias térmicas y permeabilidad al aire) y elementos de control de la radiación solar (factor solar modificado) ajustados a los requerimientos límites definidos para la zona climática en que se ubica el edificio.
- Edificio objeto: edificio sujeto de estudio deducido de la información que entregan planos as built, levantamientos y mediciones físico constructivas del edificio en funcionamiento.

GLOSARIO

Blower door: prueba de auditoría de hermeticidad, consistente en la utilización de un ventilador conectado al exterior para reducir la presión de aire interior de un edificio. Habiéndose aplicado los sellos de su envolvente, el diferencial de presión produce un flujo de aire desde el exterior hacia el interior de los recintos, lo que permite identificar y caracterizar los puntos de infiltración.

Cargas térmicas, cuadro de: cuadro en el que se identifica el conjunto de factores que inciden en la condición de equilibrio térmico de cada espacio, expresando cuantitativamente sus aportes en forma de una tasa de ganancias o pérdidas térmicas (en W o W/m² K), aplicada al respectivo espacio durante un período de tiempo y frecuencia determinados. Incluye ganancias y pérdidas térmicas como las de ocupación, iluminación, artefactos y equipos, conducción a través de la envolvente, radiación solar, ventilación e infiltración.

Componente de la envolvente: unidad constructiva menor de la envolvente, incluida como parte integrante de sus elementos (muros, techumbre y piso) con el objeto de reforzar su desempeño o cumplir funciones específicas de intercambio entre el medio exterior y el espacio interno del edificio. Su operación puede tener carácter pasivo o mecánico.

Demanda energética: la cantidad de energía (en kWh/m²a) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, para compensar el efecto de las cargas térmicas y mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada espacio. Se diferencia del consumo energético en que este último resulta ser mayor al considerar la energía efectiva utilizada para cumplir ese objetivo, al incorporar en el cálculo energético la eficiencia del sistema de climatización utilizado, considerando el tipo de fuente de energía primaria, el tipo de instalación y sus pérdidas por distribución.

Demanda energética de calefacción: medida de la eficiencia energética ponderada, en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para calefacción.

Demanda energética de refrigeración: medida de la eficiencia energética ponderada en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para refrigeración.

Envolvente térmica: el conjunto de elementos y componentes constructivos que limitan térmicamente los espacios interiores de las condiciones del ambiente exterior de un edificio, definiendo el grado y forma de interacción entre ellos. Está constituida principalmente por los elementos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Espacio habitable: todo espacio o 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.

Espacio no habitable: pudiendo ser objeto de ocupación eventual de personas, estos espacios o recintos no presentan requerimientos de confort térmico, por lo que se considera su operación en régimen de temperatura en oscilación libre. No obstante, se puede registrar casos excepcionales de espacios o recintos sin ocupación de personas con requerimientos particulares de temperatura o ventilación, debiendo ser incorporada al cálculo de la demanda energética.

Factor solar, g: relación entre la energía solar transmitida a través una superficie transparente, o componente de vano, y la energía solar incidente sobre la misma. Denominado como g, se expresa como un valor que va de 0 a 1 y, al ser menor este valor, es mayor la protección a la radiación solar. Su método de cálculo está definido en la norma ISO 15099:2003.

Hermeticidad: la calidad de estanqueidad de un cerramiento o componente al paso del aire, lograda por medio de su sellado o fusión.

Masa térmica: sistema material con un potencial de acumulación de calor, caracterizado generalmente por un espesor considerable, un elevado calor específico volumétrico y una conductividad térmica moderada. Ello permite la distribución gradual de la energía a través del material y, dado que requiere una cantidad importante de energía para elevar su temperatura, el control de las oscilaciones térmicas extremas mediante el fenómeno de inercia térmica.

Infiltración: considerada como contribución en el proceso de ventilación, se produce a través de los sellos de una construcción por los defectos constructivos de diseño y ejecución. Medida como tasa de flujo volumétrico de aire exterior hacia el interior de un edificio, el proceso de infiltración se produce de manera no controlada, a diferencia de la ventilación.

Puente térmico: sección de la envolvente térmica a través de la cual la transferencia de calor entre el interior y el exterior se produce de forma más expedita debido a una menor resistencia térmica, producida por una discontinuidad en su materialidad o espesor.

Temperatura controlada, régimen de: operación en base al cumplimiento del requerimiento de temperatura fijada previamente como parámetro para el cumplimiento de las condiciones de confort durante los períodos de uso o de los requerimientos particulares para satisfacer condiciones de climatización, creando una demanda energética de calefacción o refrigeración.

Temperatura en oscilación libre, régimen de: operación autónoma de los espacios o recintos, sin la aplicación de equipos de calefacción ni refrigeración y con un registro de temperaturas interiores sujeto a las fluctuaciones propias de su funcionamiento en estado pasivo y bajo la influencia de las cargas térmicas propias de su operación.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Normalización (INN). Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire - Método de ensayo. NCh 3297 Of. 2013. Santiago, Chile, 2001.

Instituto Nacional de Normalización (INN). Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire – Clasificación NCh 3296 Of. 2013. Santiago, Chile, 2001.

Instituto Nacional de Normalización (INN). Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. NCh 1079 Of. 2008. Santiago, Chile, 2008.

Instituto Nacional de Normalización (INN). Aislación térmica - Determinación de la permeabilidad del aire en edificios - Método de presurización por medio del ventilador NCh3295:2013 Santiago, Chile, 2013.

American Society for Testing and Materials (ASTM): Standard Practice for In-Situ Measurement of Heat Flux and Temperature on Building Envelope Components. ASTM C1046-95(2007).

American Society for Testing and Materials (ASTM): Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings ASTM C1060-90(2003).

Instituto Nacional de Normalización (INN). Componentes y elementos para la edificación - Resistencia térmica y transmitancia térmica - Método de cálculo NCh 853 Of. 2014. Santiago, Chile, 2014.

Ministerio de Vivienda. Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España, 2006.

BIBLIOGRAFÍA

Muñoz, C. (2011). Simulación y Evaluación de Puentes Térmicos. Tesis de Magíster. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío.

Chiang, A. (2010). Optimisation of natural ventilation in office buildings: an evaluation of the contribution of buoyancy-driven ventilation to comfort conditions in internal spaces by CFD parametrical analysis. Tesis de Magíster. Nottingham, UK: The University of Nottingham.

Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética de la vivienda social. Santiago, Chile: MINVU-CNE.

D’Alençon, R. (2008). Acondicionamientos Arquitectura y Técnica. Santiago, Chile: Ediciones ARQ.

Ministerio de Vivienda (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España, Ministerio de Vivienda.

Figueroa, R. (2005). Evaluación del Software de Simulación CCTE_CL, Certificación del Comportamiento Térmico de Edificios en Chile. Tesis de Grado. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío.

ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Como muestra la Figura 2.1: Elementos y componentes de la envolvente térmica de un edificio, la envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos que limitan los recintos habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los recintos habitables con los recintos no habitables que estén en contacto con el ambiente exterior.

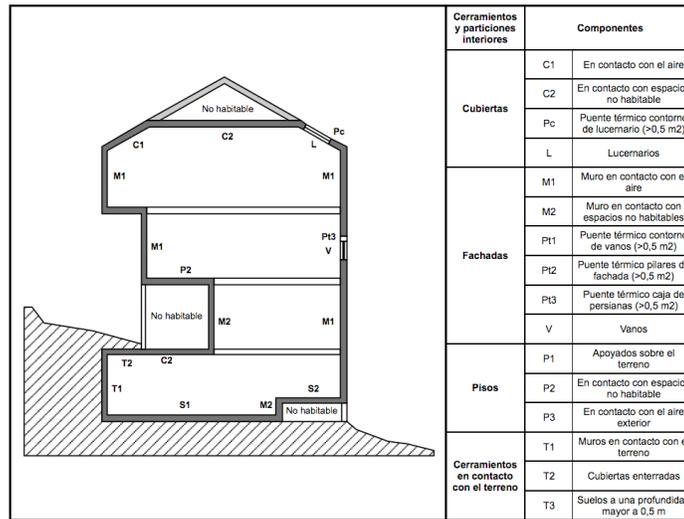


Figura 2.1: Elementos y componentes de la envolvente térmica de un edificio.

Se clasifican, según su situación, en las siguientes categorías:

- a) **Cubiertas**, aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire, cuya inclinación sea igual o inferior a 60° respecto a la horizontal;
- b) **Muros de fachada**, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire, cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la Figura 2.2: Orientación de las fachadas. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo θ , que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;
- c) **Muros medianeros**, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará, para efectos térmicos, una fachada;
- d) **Pisos**, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable;
- e) **Cerramientos en contacto con el terreno**, comprenden aquellos cerramientos distintos a

los anteriores que están en contacto con el terreno;

- f) **Particiones interiores**, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

TIPOS DE CERRAMIENTOS

Se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

- a) Cerramientos en contacto con el aire
 - i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
 - ii) parte semitransparente, constituida por vanos acristalados (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.
- b. Cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes
 - i) suelos en contacto con el terreno;
 - ii) muros en contacto con el terreno;
 - iii) cubiertas enterradas.
- c. Particiones interiores en contacto con espacios no habitables, clasificados según los tipos siguientes
 - i) particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias);
 - ii) suelos en contacto con cámaras sanitarias.

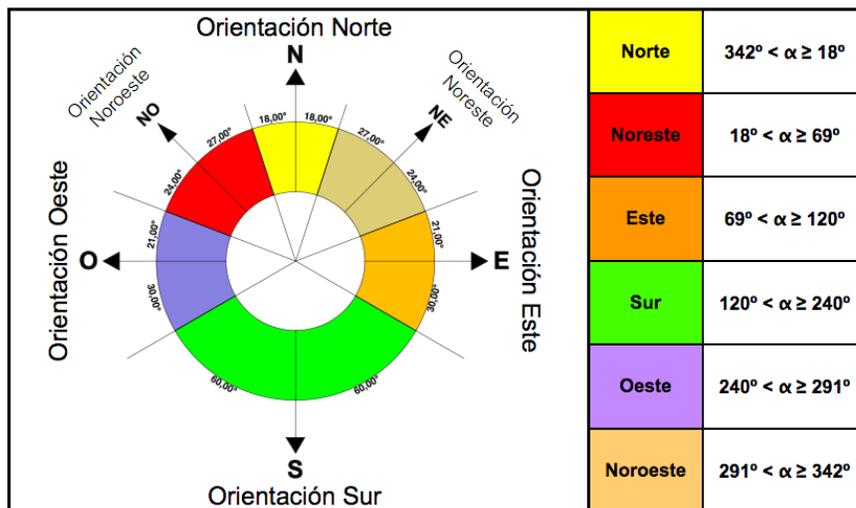


Figura 2.2: Orientación de las fachadas.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 3

**Rendimiento de las Instalaciones
Térmicas y de Climatización**

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con las exigencias de rendimiento de las instalaciones térmicas, que permitan satisfacer la demanda energética en recintos de edificios de acuerdo a las condiciones del entorno.

Como principio fundamental se establece que; las instalaciones térmicas deben diseñarse, calcularse, ejecutarse, mantenerse y ser utilizadas de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, que permitan la recuperación de energía y el uso de energías renovables y de energías residuales.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento básico es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m², donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Para otro tipo de locales, las exigencias básicas a solicitar pueden ser extraídas del presente documento y complementarse con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios en Chile (RITCH).

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Las exigencias para proporcionar un adecuado rendimiento térmico de las instalaciones térmicas, en los mencionados edificios, se refiere de manera principal a equipos e instalaciones que deben suministrar energía térmica para calefacción y, según corresponda, a instalaciones para climatización.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

Se deberán contemplar a lo menos las siguientes exigencias asociadas a los indicadores señalados en el desarrollo de proyectos, según potencia instalada, tecnología a emplear, tipo de combustible y sistema de control, entre otros aspectos:

- a) **Rendimiento energético:** Los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo, valores que dependerán de la capacidad instalada, la tecnología a emplear, del tipo de combustible, régimen de trabajo y condiciones climáticas del entorno.
- b) **Distribución de calor y frío:** Los equipos y las conducciones, en las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación. El espesor de aislante estará determinado por las temperaturas de trabajo y del espacio por donde se conduzca el fluido (ambiente exterior o interior cerrado).
- c) **Regulación y control:** Las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios que permitan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como para interrumpir el servicio. La tecnología de control a utilizar y la precisión en la regulación dependerá del tamaño de la instalación, el tipo de combustible y la tecnología del equipamiento.
- d) **Contabilización de consumos:** Las instalaciones térmicas deberán estar equipadas con sistemas de contabilización para que los usuarios conozcan sus consumos de energía, para permitir el reparto de los gastos de explotación en función de éste, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores y para evaluar el consumo real de energía estacional y calcular sus rendimientos.
- e) **Recuperación de energía:** las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. VALORES LÍMITES

Las exigencias para los equipos e instalaciones a utilizar se indican como sigue:

3.1.1. Rendimiento energético mínimo en Sistemas de Calefacción

Calderas con Combustibles Tradicionales

Para los sistemas de calefacción que utilicen calderas con combustibles tradicionales, provenientes de hidrocarburos, con potencias instaladas entre 4 y 400 kW, el rendimiento a plena carga y carga parcial, a la temperatura que indique el fabricante, estará determinado por la temperatura de trabajo de la caldera, según el tipo de prestación en el edificio.

Para tales efectos, las calderas se clasificarán en:

- a) **Caldera estándar.** Son aquellas que no están diseñadas para soportar condensaciones. Su temperatura media en operación está limitada por su diseño y su rendimiento nominal es con temperatura de salida de gases próxima a los 240°C.
- b) **Calderas de baja temperatura.** Están construidas para trabajar con temperaturas de retorno bajas, sin llegar a la condensación, lo que se logra con diseños específicos asegurando una eficiente transferencia de calor desde los gases hasta el límite de condensación.
- c) **Calderas de Condensación.** Están construidas con materiales que soportan condensaciones sin peligro de deterioro. Se busca provocar la condensación, con el fin de utilizar el calor latente de vaporización del agua presente en los gases de combustión e incrementar el aprovechamiento de la energía.

Las expresiones para determinar los rendimientos instantáneos mínimos de calderas, según el tipo y potencia, y para carga 30% y 100%, se presenta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Rendimiento instantáneos mínimo de calderas, según tipo y potencia.

TIPO CALDERA	POTENCIA	POTENCIA NOMINAL		CARGA PARCIAL (0.3-PN)	
	kW	Temperatura media °C	Rendimiento	Temperatura media °C	Rendimiento
Estándar	4 a 400 kW	70	$\geq 84 + 2 \cdot \text{Log } P_n$	≥ 50	$\geq 80 + 3 \cdot \text{Log } P_n$
Baja Temperatura	4 a 400 kW	70	$\geq 87,5 + 1,5 \cdot \text{Log } P_n$	≥ 40	$\geq 87,5 + 1,5 \cdot \text{Log } P_n$
Condensación	4 a 400 kW	70	$\geq 91 + \text{Log } P_n$	≥ 30	$\geq 97 + \text{Log } P_n$

Fuente: Directiva 92/42 CEE

Rendimiento Estacional: Para las instalaciones que no tienen incorporado un sistema de contabilización continuo de consumo de combustible, es posible evaluar un rendimiento estacional a partir de la expresión:

$$\eta_e = \frac{\eta_i - 2}{1 + \left(\frac{P_n}{P_p} - 1\right) \cdot C_0}$$

η_e = Rendimiento estacional (%)

η_i = Rendimiento instantáneo o nominal (%)

P_n = Potencia Nominal (kW)

P_p = Potencia media real (kW)

C_0 = Coeficiente estacional según tabla 3.2

Tabla 3.2: Coeficiente Co según potencia nominal

Potencia Nominal caldera (kW)	Coeficiente C0
<75	0.05
75 a 150	0.04
150 a 130	0.03
300 a 1000	0.02
>1000	0.01

La potencia media real para caldera de más de 70 kW puede determinarse a partir de la expresión:

$$P_p = \frac{E_c \cdot 0,7}{H_f}$$

P_p = Potencia media real (kW)
 E_c = Energía consumida por la caldera en el período evaluado, calculada a partir del PCI del combustible en kWh
 H_f = Horas de funcionamiento del periodo evaluado

Fraccionamiento de la Potencia: Para centrales equipadas con generador de vapor que utilicen combustibles tradicionales provenientes de hidrocarburos, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Si la potencia térmica nominal a instalar está por sobre los 400kW, se debe fraccionar la producción de energía utilizando 2 o más calderas, según corresponda.

Si la potencia térmica nominal a instalar es igual o inferior a 400kW y la instalación suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria, se podrá emplear un solo generador, siempre que la potencia demandada por agua caliente sanitaria sea igual o mayor que el primer escalón o estado de llama del quemador.

Se podrán adoptar soluciones distintas a las establecidas en los puntos a y b anteriores, siempre que se justifique técnicamente que la solución propuesta es, al menos, equivalente desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Regulación de los quemadores: Los quemadores alimentados por combustibles líquidos y/o gaseosos deberán tener el mecanismo de regulación de su operación en función de su potencia nominal que se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Regulación de quemadores.

POTENCIA TÉRMICA NOMINAL DEL GENERADOR DE CALOR (KW)	TIPO DE REGULACIÓN
$P_n \leq 70$	Una etapa (estado de llama) o modulante
$70 \leq P_n \leq 400$	Dos etapas (estados de llama) o modulante
$P_n \geq 400$	Modulante

Fuente:RITE 2007, Tabla 2.4.1.1

Calderas de Biomasa

Para las calderas alimentadas con combustibles residuales o renovables, o para calderas con recuperación de efluentes, no son exigibles los rendimientos anteriores. En el caso de las calderas alimentadas con biomasa se exigirá que un rendimiento mínimo a plena carga de 75%.

En el mercado, sin embargo, existen calderas de biomasa de alta eficiencia, con rendimientos superiores a 90%. En ese caso, se debe exigir un rendimiento mínimo de 85%.

3.1.2. Rendimiento Energético en Sistemas de Climatización

La eficiencia de una bomba de calor depende de los medios con que opera la bomba e intercambian calor. Estos sistemas pueden ser: aire-aire, aire-agua, agua-agua, geotérmico lazo abierto o cerrado, en donde la diferencia de temperaturas entre los ambientes donde trabaja la bomba, condiciona su eficiencia.

Para una diferencia de temperatura dada entre ambos fluidos, la mayor eficiencia se obtiene con una bomba agua-agua, seguida por la tierra-agua, aire- agua y finalmente la aire-aire.

Para los sistemas de aire acondicionado, su eficiencia se determina según el tipo de prestación, donde para régimen de frío se evalúa un EER, dado por la razón entre el flujo de calor extraído del ambiente y la potencia del compresor y para el régimen de calefacción se evalúa un COP, dado por la razón entre el flujo de calor suministrado al recinto y la potencia del compresor.

Para los sistemas aire-aire, las eficiencias nominales que entregan los catálogos se determinan para temperaturas de ambos ambientes normadas que se muestran en Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Temperaturas ambientes para determinar EER y COP nominal.

	TEMPERATURA INTERIOR		TEMPERATURA EXTERIOR	
	Temp. b.s.	Temp. b.h.	Temp. b.s.	Temp. b.h.
Refrigeración	27	19	35	24
Calefacción	20	15	7.0	6.0

Como la temperatura del aire exterior presenta variación horaria, es imposible verificar y/o evaluar las eficiencias instantáneas de las bombas de calor. Por lo tanto, para este tipo de equipos se recomiendan las siguientes acciones:

- Utilizar equipos de tecnología avanzada del tipo Inverter y VRV (variable refrigerant flow o volumen de refrigerante variable) con recuperación de calor, donde técnica y económicamente sea factible o así lo recomiende la simulación energética como parte del proyecto del edificio.
- Seleccionar equipos de máxima eficiencia, de acuerdo a etiquetado energético de la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Clasificación energética bombas de calor aire-aire

Clasificación modo de Refrigeración		Clasificación modo Calefacción	
A	EER > 3,20	A	COP > 3,60
B	3,20 ≥ EER > 3,00	B	3,60 ≥ COP > 3,40
C	3,00 ≥ EER > 2,80	C	3,40 ≥ COP > 3,20
D	2,80 ≥ EER > 2,60	D	3,20 ≥ COP > 2,80
E	2,60 ≥ EER > 2,40	E	2,80 ≥ COP > 2,60
F	2,40 ≥ EER > 2,20	F	2,60 ≥ COP > 2,40
G	2,20 ≥ EER	G	2,40 ≥ COP

Para los sistemas agua-agua, En este tipo de sistemas es posible monitorear de manera continua el flujo de agua que ingresa y sale del edificio y recintos a calefaccionar o enfriar, así como el consumo de energía eléctrica de los compresores. En tal caso, es posible determinar la eficiencia (EER o COP) efectiva de la bomba de calor, en forma instantánea o estacional (período de tiempo del monitoreo) y compararla con la nominal del equipo.

El mismo esquema de monitoreo es posible aplicar a los sistemas agua- aire y geotérmico lazo abierto y cerrado.

Los equipos de aire acondicionado que se instalen en zonas climáticas de baja temperatura y alta humedad, con riesgo de congelamiento, deben incorporar un sistema auxiliar de descarche para minimizar el tiempo de detención cuando haga dicha operación.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. DISTRIBUCIÓN DE CALOR Y FRÍO

Todas las cañerías, tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:

- a) Temperatura menor que la temperatura del local por el que circulan.
- b) Temperatura mayor de 40°C cuando circulen por locales no calefaccionados.

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, el recubrimiento final del aislamiento deberá poseer protección contra la intemperie.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislante se podrá optar por un método simplificado o por el tradicional.

El procedimiento simplificado aplicado a cañería sin aislar en función del diámetro exterior, para un material de conductividad térmica de 0,05 W/m·K, se indica en las tablas siguientes, para cañerías que transportan fluido caliente.

Tabla 3.6: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40 ... 60	> 60 ... 100	> 100 ... 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 \leq D \leq 60$	30	30	40
$60 \leq D \leq 90$	30	30	40
$90 \leq D \leq 140$	30	40	50
$D > 140$	35	40	50

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.1

Tabla 3.7: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40 ... 60	> 60 ... 100	> 100 ... 180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 \leq D \leq 60$	40	40	50
$60 \leq D \leq 90$	40	40	50
$90 \leq D \leq 140$	40	50	60
$D > 140$	45	50	60

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.2

Tabla 3.8: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por interior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	> -10 ... 0	> 0 ... 10	> 10
D ≤ 35	30	20	20
35 ≤ D ≤ 60	40	30	20
60 ≤ D ≤ 90	40	30	30
90 ≤ D ≤ 140	50	40	30
D > 140	50	40	30

Fuente: RITE 2013 que modifica la Tabla 1.2.4.2.3 del RITE 2007

Tabla 3.9: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	> -10 ... 0	> 0 ... 10	> 10
D ≤ 35	50	40	40
35 ≤ D ≤ 60	60	50	40
60 ≤ D ≤ 90	60	50	50
90 ≤ D ≤ 140	70	60	50
D > 140	70	60	50

Fuente: RITE 2013 que modifica la Tabla 1.2.4.2.4 del RITE 2007

Para la conducción de aire, bajo el mismo principio anterior el espesor mínimo de aislante se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Espesor mínimo de aislante (mm) en conductos

ESPESOR DEL AISLANTE EN CONDUCTOS		
	En interiores (mm)	En exteriores (mm)
Aire caliente	20	30
Aire frío	30	50

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.5

Tabla 3.11: Espesor mínimo de aislante (mm) circuitos frigoríficos para climatización

ESPESOR MÍNIMO AISLANTE EN CIRCUITOS FRIGORÍFICOS PARA CLIMATIZACIÓN		
Diametro exterior (mm)	Interior edificios (mm)	Exterior edificios (mm)
D ≤ 13	50	40
13 < D < 26	60	50
26 < D < 35	60	50
35 < D < 90	70	60
D > 90	70	60

Fuente: RITE actualizada 2013

4.2. REGULACIÓN Y CONTROL

Todas las instalaciones térmicas deberán dotarse de los sistemas de control automático necesarios para mantener, en el local, las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.

El empleo de sistema de control on/off, estará limitado a las siguientes aplicaciones:

- a) Límites de seguridad de temperatura y presión.
- b) Regulación de velocidad de ventiladores de unidades terminales.
- c) Control de temperatura servido por aparatos unitarios, siempre que la potencia nominal total del sistema no sea mayor de 70kW.

Los sistemas formados por diferentes subsistemas, deberán disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio a cada uno de éstos en función del régimen de ocupación, sin afectar al resto de las instalaciones.

4.3. CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS

Toda instalación térmica con potencia por sobre los 70 kW deberá disponer de un sistema de medición, registro y contabilización de la energía que suministra el sistema de calefacción; esto es, flujo del fluido térmico y las temperaturas de salida y retorno desde el manifold de distribución. De la misma forma se debe llevar un registro del consumo de combustible y de energía eléctrica de forma separada, con el propósito de monitorear y controlar la eficiencia y el rendimiento de las instalaciones térmicas.

4.4. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Exigible de implementar en sistema de aire acondicionado del tipo VRV con recuperación de calor, en potencias instaladas por sobre los 70 kW y sometida a evaluación técnica y económica para decidir sobre su implementación para potencias entre 30 y 70 kW.

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO.

Documentación técnica de diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas, al respecto se establece que:

- a) Las instalaciones térmicas deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, debe adoptar una de las siguientes modalidades:
 - i) Cuando la potencia nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 30kW, se requiere la realización de un proyecto.
 - ii) Cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor o igual que 5kW y menor o igual que 30kW, el proyecto, según requerimiento del mandante, podrá ser sustituido por una memoria técnica.
 - iii) Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase de diseño. Se aplica al análisis de planos y especificaciones técnicas del edificio y contiene instrucciones y remisión o referencia de métodos de cálculo y análisis, reglamentos, normas técnicas y otros documentos de respaldo.
- b. Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores de calor, frío o de ambos tipos, la potencia térmica nominal de la instalación, a efectos de determinar la documentación técnica requerida, se obtendrá de la suma de las potencias térmicas nominales de ambos sistemas, necesarios para cubrir el servicio, sin considerar en esta suma la instalación solar térmica.
- c. En el caso de las instalaciones solares térmicas la documentación técnica de diseño requerida será la que corresponda a esta forma de energía de apoyo.

Proyecto de las instalaciones térmicas.

Cuando se precise de un proyecto, éste debe ser redactado y firmado por un profesional competente, debidamente calificado. El proyectista será responsable de adaptarse a las exigencias de los TDR e y de cualquier otra reglamentación o normativa que pudiera ser aplicada en la instalación proyectada.

- a) El proyecto describirá la instalación térmica en su totalidad, sus características generales y la forma de ejecución, debidamente detallada para que pueda valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución. En el proyecto se debe incluir la siguiente información:
 - i) Justificación del cumplimiento de las exigencias en las soluciones propuestas acerca de la eficiencia energética según reglamentación vigente.
 - ii) Las características técnicas mínimas que deben reunir los equipos y materiales que

conforman la instalación proyectada, así como sus condiciones de suministro y ejecución, las garantías de calidad y el control de recepción en obra que deba realizarse.

Memoria Técnica

- a) La memoria técnica debe incluir a lo menos la siguiente documentación:
 - i) Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de eficiencia energética establecidas en la reglamentación vigente.
 - ii) Una breve memoria descriptiva de la instalación, en la que figuren el tipo, el número y las características de los equipos generadores de calor o frío, sistemas de energías renovables y otros elementos principales.
 - iii) El cálculo de la potencia térmica instalada, de acuerdo con un procedimiento reconocido. Se explicarán los parámetros de diseño elegidos.
 - iv) Los planos o esquemas de las instalaciones.
- b. La memoria técnica será elaborada por un profesional autorizado, quien será responsable de que las instalaciones se adecuen a la reglamentación vigente y deberá actuar coordinadamente con el autor del proyecto general del edificio.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

- a) La ejecución de las instalaciones sujetas a esta reglamentación debe ser realizada por empresas instaladoras debidamente autorizadas.
- b) La ejecución de las instalaciones térmicas, que requirió la realización de un proyecto, debe efectuarse bajo la dirección de un profesional competente, en funciones de director o responsable de la instalación.
- c) El control de la ejecución de las instalaciones se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto o memoria técnica, y las modificaciones autorizadas por el instalador autorizado o el director de la instalación.
- d) Se debe comprobar que la ejecución de la obra se realice de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones técnicas.
- e) Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales según normas. Estas pruebas deberán ser realizadas en presencia del profesional responsable del proyecto.
- f) Los resultados de las distintas pruebas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

GLOSARIO

Calderas de Condensación: Calderas que suministran energía disminuyendo la temperatura de los gases de combustión por debajo del punto de rocío. La condensación del vapor de agua presente en los gases podría aumentar el rendimiento de la caldera por sobre el 100%, referido al poder calorífico inferior.

Bomba de Calor: Máquina térmica capaz de transferir calor desde una fuente de baja temperatura a otra de temperatura mayor suministrándole un trabajo externo.

EER (EnergyEfficiency Ratio): Eficiencia de las máquinas frigoríficas, representa la razón entre el calor extraído de la fuente fría y el trabajo suministrado a la máquina.

COP (Coeficiente de Performance): Eficiencia de la bomba de calor, representa la razón entre el calor suministrado al ambiente a calefaccionar y el trabajo suministrado a la máquina.

REFERENCIAS

Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (2007) IDAE, Instituto para la diversificación y ahorro de energía, Madrid, España.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (2007) Real Decreto 1027/2007, España.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. (2007) Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH). Santiago, Chile.

Ministerio de Vivienda. Código Técnico de la Edificación (CTE) (2006) Madrid, España.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE (2007) Madrid, España.

Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y A.C.S. en edificios y viviendas (2008) IDAE, Instituto para la diversificación y ahorro de energía, Madrid, España.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 4

**Eficiencia Energética de las
Instalaciones de Iluminación**

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia mínima de eficiencia energética de las instalaciones eléctricas de iluminación interior en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Guía Técnica de Apoyo GTA N°4 es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los recintos deberán cumplir exigencias mínimas de desempeño energético y lumínico, tanto en su fase de diseño como en la fase de construcción, con el objeto de optimizar el consumo de energía y asegurar un estándar adecuado de confort visual, de acuerdo a la función o actividad. Estas exigencias son de carácter complementario y concurrente.

Para el diseño y verificación de las instalaciones de iluminación será preciso, en primer término, realizar las comprobaciones de Confort Lumínico (Guía Técnica de Apoyo N°8), de tal modo que una vez aseguradas las condiciones de confort para cada uno de los programas de recintos existentes en el edificio, pueda iniciarse la aplicación de la presente Guía Técnica de Apoyo.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

- a) **Número de Luminarias (N):** cantidad de aparatos de iluminación determinados para cada recinto.
- b) **Eficiencia Lumínica (Lm/W):** flujo luminoso por unidad de potencia, definido para el tipo de luminaria a utilizar.
- c) **Eficiencia Energética (W/m²·lx):** potencia por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 (lx), según el nivel de iluminancia requerido para cada recinto.

El factor de utilización de luminarias, se obtiene a partir de tabla, y depende de la reflectancia de las superficies (cielo y muros) y de un factor de recinto.

Considerando los valores límites de los factores mencionados, se realiza mediante una fórmula un cálculo de luminarias por recinto, el cual contempla el cumplimiento de exigencias mínimas de nivel de iluminación requerido para dicho recinto.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Los rangos mínimos de eficiencia lumínica quedan establecidos en la Tabla 4.1. Se determinará a partir del cumplimiento de valores mínimos de nivel de luminancia (lúmenes/watts) definidos como necesarios para la actividad principal del recinto, contemplando para su cálculo las especificaciones de los tipos de luminaria utilizados, relativos al flujo luminoso y potencia estimada.

Tabla 4.1: Eficiencia Lumínica para cada tipo de luminaria.

RANGOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA LUMÍNICA SEGÚN TIPO DE LUMINARIA UTILIZADA EN EL RECINTO	
Tipo de Luminaria	Eficiencia lumínica (Lm/W)
Ampolleta Incandescente	22
Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)	30
Tubos fluorescentes T10 y T8	45
Tubos Fluorescentes T5	50
Dicroico (MR16)	25
LED	90

Fuente: Elaboración propia.

Se establece, además, que el valor de eficiencia lumínica para el conjunto de luminarias del edificio deberá ser como mínimo de **45 (Lm/W)**. Esto es, considerando la totalidad de la superficie útil del edificio.

A su vez, los rangos de Eficiencia Energética por Lux para cada tipo de luminaria quedan establecidos en la Tabla 4.2. Se calcula en base a factores como el tipo y número de luminarias contempladas en el diseño y el nivel de iluminancia mínima para garantizar el confort visual de la actividad principal del recinto. Además, se debe dar cumplimiento a lo exigido por la Norma Chilena NCh 4/2003 y la GTA 8 en lo referente a nivel de iluminación, la geometría del recinto (factor de utilización), el flujo luminoso de las luminarias y el factor de pérdidas de luz de las luminarias.

Tabla 4.2: Eficiencia Energética para cada tipo de luminaria.

RANGOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA SEGÚN TIPO DE LUMINARIA UTILIZADA EN EL RECINTO POR CADA 100 LUX	
Tipo de Luminaria	Eficiencia Energética (W/m ² ·lx)
Ampolleta Incandescente	15
Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)	10
Tubos fluorescentes T10 y T8	6
Tubos Fluorescentes T5	5
Dicroico (MR16)	11
LED	4

Fuente: Elaboración propia.

El valor de Eficiencia Energética para el conjunto de luminarias del edificio deberá ser como máximo de **7 (W/m²·lx)**. Esto es, considerando la totalidad de la superficie útil del edificio.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Los sistemas de iluminación artificial del edificio deben cumplir con los valores mínimos exigidos, tanto para eficiencia lumínica como para eficiencia energética.

Se exige que los edificios evaluados cuenten con sistemas de regulación y control de la iluminación artificial, con el objetivo de optimizar en el edificio el consumo energético en iluminación artificial. Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de regulación y control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, por lo que se tendrá que instalar en cada recinto, al menos un sistema de apagado y encendido manual.

Para la elección del sistema de regulación y control a implantar, se recomiendan cuatro opciones de sistemas de regulación y control, cuyas características se detallan a continuación:

4.1.1. Control de la Iluminación mediante interruptores manuales y temporizados.

Los interruptores manuales deben contar, en lo posible, con etiquetas que indiquen sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, con el objetivo que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, de manera que los circuitos de luminarias más cercanas a fuentes de iluminación natural (por ejemplo, ventanas) estén separados de los circuitos de luminarias ubicadas en lados opuestos a la fuente de luz natural.

El número de circuitos (y por ende de interruptores manuales) para el control de la iluminación de un recinto, no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas menos dos. De esta forma, si existen 12 luminarias instaladas, el número de circuitos (e interruptores manuales) será como mínimo de 2.

Por otra parte, los interruptores temporizados permiten que las luminarias sean apagadas desde un panel central, a la misma hora cada día, coincidiendo con las horas de no ocupación de los recintos.

4.1.2. Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.

En edificios que consideran este tipo de sistema, la luz natural se presenta como una importante fuente de ahorro energético en iluminación. La luz natural debe ser aportada en un principio a partir del diseño del edificio mediante ventanas, zonas acristaladas, entre otros. De la misma forma, a través del diseño, es importante reducir las zonas oscuras en el interior de los recintos. En el caso de que el nivel de luz natural interior sea excesivo, se recomienda que se disminuya su efecto mediante cortinas, toldos, cristales opacos o persianas.

Los sistemas basados en el control de la luz natural, se basan en sensores de luz ubicados en el techo, los cuales miden la cantidad de luz natural y ajustan automáticamente los niveles de luz artificial necesarios para realizar las actividades con iluminación apropiada al interior de los recintos.

En el caso de sistemas de regulación y control de la luz natural, existen dos tipos: Todo/Nada, en los cuales la iluminación se enciende y apaga por encima o por debajo del nivel de iluminación previamente fijado; o de Regulación Progresiva, en el que la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior detectado, hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

4.1.3. Control de Iluminación mediante detectores de presencia.

Los sistemas basados en detectores de presencia, ante la ausencia de ocupantes en los recintos, apagan automáticamente la iluminación artificial. Existen básicamente 4 tipos de detectores de presencia: Infrarrojos, acústicos por ultrasonido, acústicos por microondas e híbridos de los dos anteriores. Estos sistemas pueden forzar el apagado del sistema de iluminación a pesar de que existan ocupantes en el interior, cuando éstos permanecen en una actitud estática durante un periodo de tiempo.

4.1.4. Regulación y Control mediante un sistema centralizado de gestión.

Este tipo de sistemas son especialmente recomendados para edificios con recintos de usos múltiples, como es el caso de hospitales. El control centralizado presenta características como las siguientes:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, ya sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuito de encendido a nivel central.
- Monitorización del consumo de los circuitos y estado de los mismos.

4.2. FACTOR DE RECINTO

El factor de recinto depende de las dimensiones del recinto a ser iluminado. Por lo mismo, este factor se calcula para cada recinto a analizar dentro del edificio.

$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)}$$

Donde:

- FR: Factor de Recinto (s/d)
- L: Largo del recinto (m)
- a: Ancho del recinto (m)
- H_m: Altura desde luminaria hasta el plano de trabajo (m)

4.3. NÚMERO DE LUMINARIAS

Se exige en esta Guía Técnica de Apoyo el cálculo de número de luminarias mínimo por recinto, de manera que el número de luminarias instaladas en cada recinto cumpla con los valores requeridos de iluminación (lx), explicitados en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

El número de luminarias por recinto, se calcula mediante fórmula, la cual requiere de la siguiente información para ser desarrollada:

- a) **Nivel de Iluminancia requerido (Ix):** según lo explicitado en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico” para cada tipo de recinto a analizar.
- b) **Flujo Luminoso Inicial emitido por cada luminaria (Lúmenes):** cuya información es entregada por el fabricante de las luminarias o aparatos de iluminación.
- c) **Factor de Utilización:** de acuerdo a efectos de distribución de luminarias y reflectancia de superficies del recinto a analizar. Este factor mide la relación entre el flujo luminoso emitido por las luminarias, y el flujo luminoso que llega al plano de trabajo.
- d) **Factor de pérdida de luz:** de acuerdo a las pérdidas causadas por deterioro de las luminarias y suciedad de éstas.

El factor de utilización, al depender de las características de las superficies del recinto, considera para su cálculo la determinación del factor de reflexión de los paramentos. El factor de reflexión se obtiene a partir del tipo de superficie y su color, tal como se presenta en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Reflectancias según características de superficies.

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN
CIELO	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
MUROS	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: Instituto para la Elaboración y Ahorro de la Energía. 2005.

A partir del factor de recinto y del factor de reflexión de las superficies, obtenido de la Tabla 4.3, se determina el factor de utilización de luminarias ingresando en la Tabla 4.4 los resultados antes calculados.

Tabla 4.4: Factores de utilización de luminarias.

		REFLECTANCIAS									
		CIELO	0,7			0,5			0,3		
		MUROS	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
FACTOR DE RECINTO	0,6	0,28	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23	
	0,8	0,34	0,31	0,28	0,33	0,3	0,28	0,33	0,3	0,28	
	1	0,37	0,36	0,32	0,37	0,34	0,32	0,37	0,34	0,32	
	1,25	0,4	0,38	0,35	0,4	0,37	0,35	0,4	0,37	0,35	
	1,5	0,43	0,41	0,38	0,42	0,4	0,38	0,42	0,39	0,38	
	2	0,46	0,44	0,42	0,45	0,43	0,41	0,44	0,42	0,41	
	2,5	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,43	0,46	0,44	0,43	
	3	0,49	0,47	0,46	0,48	0,46	0,45	0,47	0,45	0,44	
	4	0,5	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	0,48	0,47	0,46	
	5	0,51	0,5	0,49	0,5	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	

Fuente: McMullan, Randall. 2007, Environmental Science in Building.

Por otra parte, la determinación del factor de pérdida de luz depende del tipo de iluminación, ya sea directa o indirecta. El factor de pérdida de luz se obtiene de acuerdo a lo expresado en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Factores de pérdida de luz.

LLF 12 MESES	FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ	
	Iluminación Directa	Iluminación Indirecta
	0,95	0,9

Fuente: McMullan, Randall. 2007, Environmental Science in Building.

Con el fin de cumplir con el estándar de Confort Lumínico, el cálculo del número de luminarias por recinto se realiza a través del siguiente procedimiento:

Utilizar la siguiente fórmula para la realización del cálculo:

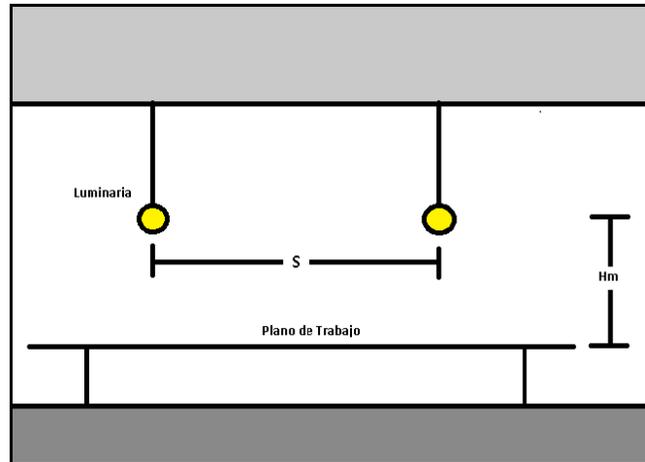
$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot FU \cdot FPL}$$

- Donde:
- N: Número de luminarias por recinto
 - A: Área del recinto (m²)
 - E: Nivel de iluminancia requerido (lx)
 - F: Flujo luminoso inicial emitido por cada luminaria (Lm)
 - FU: Factor de Utilización (de acuerdo a efectos de distribución de las luminarias y superficies de los recintos).
 - FPL: Factor de pérdida de luz, de acuerdo a las pérdidas causadas por deterioro de las luminarias y suciedad de éstas.

Una vez determinado el valor de luminarias N, éste se redondea hacia arriba de manera de mantener la simetría de las luminarias. Por otra parte, la separación de las luminarias está dado por el valor “S” (ver Figura 4.1), el cual no puede superar 1,5 veces la altura entre luminaria y plano de trabajo:

$$S_{\max} = 1,5 \cdot H_m$$

Figura 4.1: Espacio de Luminarias (Vista Elevación).



Fuente: Elaboración propia.

4.4. EFICIENCIA LUMÍNICA

La eficiencia lumínica se refiere a la eficiencia de las luminarias de acuerdo a su flujo luminoso (lúmenes) por cada watt de potencia de éstas. Este valor se calcula con el fin de establecer en las luminarias un rango de eficiencia en iluminación, considerando como factor principal el flujo luminoso que la luminaria provee.

De esta forma:
$$\text{Eficiencia lumínica} = \frac{\text{Flujo luminoso} \left(\frac{\text{Lm}}{\text{W}} \right)}{\text{Potencia}}$$

Donde: Lm: Flujo Luminoso (Lm), entregados por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.
P: Potencia (W), entregada por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.

El valor de eficiencia lumínica es general para todo el edificio, por lo que se obtiene a partir de la información de todas las luminarias y/o aparatos de iluminación instalados en los recintos a analizar. El número de luminarias de cada recinto, y por consiguiente de todo el edificio, se determina de acuerdo a cálculo presentado en los títulos a continuación.

4.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética de las Instalaciones de Iluminación se refiere a la potencia consumida por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 lux. El valor de eficiencia energética se obtiene para cada recinto a evaluar, ya que depende del nivel de iluminación requerido para cada tipo de recinto, según lo exigido en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

De esta forma la eficiencia energética está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia Energética} = \frac{P}{A \cdot E_m} \cdot 100 \left(\frac{W}{m^2 \cdot lx} \right)$$

Donde:

- P: Potencia (W), entregada por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.
- A: Área (m²) del recinto a iluminar
- Em: Nivel de Iluminación (lx) requerido en el recinto

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Antecedentes Previos

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- a) Proyecto de arquitectura del edificio. Antecedentes para deducir la geometría del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- b) Planta o esquema con la distribución de luminarias indicando el tipo de luminarias.
- c) Proyecto o antecedentes sobre las instalaciones o sistemas previstos para la iluminación artificial, incluyendo las especificaciones técnicas, junto con certificados o informes de características de equipos, artefactos y/o luminarias.

Procedimiento

Para la verificación de exigencias se deberá utilizar el método de cálculo directo que define el apartado 4 El desarrollo del método de cálculo deberá considerar los siguientes aspectos:

- a) Determinación del factor de recinto, según lo explicitado en el apartado 4.2.
- b) Calcular el número de luminarias, según lo expuesto en el apartado 4.3.
- c) Determinación de la Eficiencia Lumínica del edificio, a partir de la información otorgada por el fabricante de las luminarias y/o aparatos.
- d) Determinación de la Eficiencia Energética de cada recinto a evaluar, a partir de la información otorgada por el fabricante de las luminarias y/o aparatos, el cálculo del número de luminarias y el nivel de iluminación requerido por cada recinto, según la Guía Técnica de Apoyo N°8: "Confort Lumínico".

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá corroborar lo siguiente:

- a) Número de luminarias mínimo a instalar en cada recinto, justificando los supuestos del procedimiento de cálculo.
- b) Valor de Eficiencia Lumínica del edificio mínima de 45(lm/W)
- c) Valor Eficiencia Energética máximo de 7 (W/m².lx)

- d) Se debe efectuar una modelación lumínica a través de software y adjuntar los resultados, por ejemplo con DIALUX o algún equivalente técnico.

En anexo 2 se presenta ejemplo de cálculo de luminarias para un caso tipo.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase obra o construcción (no necesariamente post ocupacional). Se aplica al análisis, inspección y ensayos en laboratorio o en obra de materiales, partes del edificio o el edificio en su conjunto. Contiene instrucciones y referencias de métodos de ensayo, de cálculo y otros.

La verificación en obra se realizará a partir de la inspección de aparatos de iluminación, los cuales deben tener características similares a los presentados tanto en los antecedentes del método de cálculo, en los cálculos realizados por el proyectista, y en los planos de Planta o esquema presentados con la distribución de luminarias indicando el tipo de luminarias.

Se deberá comprobar además que los recintos analizados cuentan con los metros cuadrados descritos en los planos del proyecto, y en los cálculos realizados.

Se debe establecer una grilla de medición de la iluminación, con tres puntos de medición por cada 10 m², la medición se debe efectuar con un luxómetro certificado y calcular el Em real en las pruebas finales antes de la recepción de la obra.

Se deberá medir el consumo de potencia en Watts de las luminarias del recinto mediante un analizador industrial, de no ser posible, se deberá medir el consumo individual de potencia de cada luminaria y multiplicar este valor por el número total de luminarias del mismo tipo.

GLOSARIO

Eficiencia Lumínica (Lm/W): flujo luminoso por unidad de potencia, definido para el tipo de luminaria a utilizar.

Eficiencia Energética (W/m²·lx): potencia por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 Lux, según el nivel de iluminancia requerido para cada recinto.

Iluminación Directa: se denomina iluminación directa, a la iluminación en la cual el rayo de luz se dirige desde la fuente (luminaria) hacia la superficie, sin mediar obstáculo alguno.

Iluminación Indirecta: se denomina iluminación indirecta, a la iluminación en la cual el rayo de luz se ve interrumpido por obstáculos, por lo que la luz que ilumina los objetos o superficie proviene de la reflexión de la luz en otros objetos o en los paramentos del recinto.

Reflectancias: cociente entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente en las condiciones dadas. Se expresa en tanto por ciento o en tanto por uno.

Sistema de control y regulación: conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática o manual el encendido y apagado o el flujo luminoso de una instalación de iluminación. Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- a) regulación y control bajo demanda del usuario, por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia;
- b) regulación de iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas;
- c) control del encendido y apagado según presencia en la zona;
- d) regulación y control por sistema centralizado de gestión.

Sistema de temporización: conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática, el apagado de una instalación de iluminación en función de un tiempo de encendido prefijado.

BIBLIOGRAFÍA

Instalaciones Eléctricas I. Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.

Código Técnico de la Edificación (2006) Sección H3E.

Norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores

McMullan, Randall (2007) Environmental Science in Building.

Software de cálculo de iluminación DIALUX.

Norma NCh Elec. 4/2003 - Electricidad- Instalaciones de consumo en Baja Tensión

ANEXO 2: CÁLCULO DE NUMERO DE LUMINARIAS

A modo de ejemplo, se explicita a continuación el cálculo de número de luminarias para un caso tipo:

Datos:

- Edificio “ejemplo” consta de 3 salas de clases de características idénticas.
- Tipo de Recinto: Sala de Clases (trabajo prolongado)
- Nivel de iluminación requerido en el recinto: 300 (lx)
- Área del recinto: 40(m²)
- Largo del recinto: 8 (m)
- Ancho del recinto: 5 (m)
- Altura desde luminaria hasta plano de trabajo: 2,0(m)
- Cielo del recinto color Blanco.
- Muros de tonalidad clara.
- Tipo de Luminaria: Tubo fluorescente de Alta Eficiencia T5
- Potencia de la luminaria: 2x36(W)
- Flujo Luminoso inicial de luminaria (dado por el fabricante): 6400 (Lm)

El factor de utilización (FU) se obtiene al considerar tanto la reflectancia de cielo y muros, como el factor de recinto.

La reflectancia se determina a partir de la Tabla 3, la cual según las características dadas entrega para cielo un valor de 0,7 y para muros un valor de 0,5.

El Factor de recinto (FR), se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)}$$
$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)} = \frac{8 \cdot 5}{2,0 \cdot (8 + 5)} = 1,538$$

Con los datos de reflectancia y factor de Recinto, se obtiene el valor de utilización (FU) a partir de la Tabla 4.4, el cual se obtiene interpolando de la siguiente manera:

$$\frac{2 - 15}{0,46 - 0,43} = \frac{2 - 1,538}{0,46 - x}$$
$$x = 0,4318 \approx 0,43$$

El factor de pérdida de luz, depende de las características del recinto, obteniéndose a partir de la Tabla 4.5. En este caso se considera iluminación directa, es decir un factor de 0,95.

Número de Luminarias Mínimo

Finalmente, a partir de la fórmula siguiente se obtiene el número de luminarias con las cuales debe contar el recinto, cumpliendo con los estándares de nivel de iluminación mínimos planteados.

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot FU \cdot FPL} = \frac{300 \cdot 40}{6400 \cdot 0,43 \cdot 0,95} = 4,6 \approx 5 (\text{luminarias})$$

NOTA - Por la simetría de la luz en la sala de clases, se deben considerar **6 luminarias**, que cumplen con dar una cantidad de luminarias que pueden ser distribuidas de manera simétrica en un recinto cuadrado o casi cuadrado.

Eficiencia Lumínica

Como el edificio ejemplo consta de 3 salas de clases, el total de Lúmenes por recinto es de 3x6400 lúmenes x 6luminarias = 115200 Lúmenes

Como todos las luminarias analizadas son del mismo tipo (2x36W) la potencia total instalada en el edificio está dado por: 3 salas · 6 luminarias · 2x36 W = 1296 W.

La eficiencia lumínica entonces es la siguiente:

$$\text{Eficiencia Lumínica} = \frac{115200}{1296} = 88,89 \left(\frac{\text{Lm}}{\text{W}} \right)$$

En este caso, el edificio cumple con la eficiencia lumínica ya que es mayor al mínimo exigido de 45 Lm/W.

Eficiencia Energética

En el caso de la eficiencia energética, esta debe calcularse para cada recinto a analizar. En este caso, como el edificio “ejemplo” consta de 3 salas de clases, el resultado de una sala de clases es idéntico al de las otras 2.

De este modo, para una sala de clases, la eficiencia energética está dado por:

$$Eficiencia\ Energética = \frac{P \cdot 100}{A \cdot E_m}$$

Donde:

- P: potencia instalada en el recinto, que en este caso es $2 \times 36\text{ W} \times 6\text{ luminarias} = 432\text{ W}$
- A: área igual a $40\text{ (m}^2\text{)}$
- E_m : nivel de iluminación requerido, que en este caso es de 300 (lx)

De esta forma, la eficiencia energética es la siguiente para cada sala de clases:

$$Eficiencia\ Energética = \frac{432 \cdot 100}{40 \cdot 300} = 3,6 \left(\frac{W}{m^2 \cdot lux} \right)$$

Cada una de las tres salas de clases tiene una eficiencia energética de $3,6\text{ (W/m}^2 \cdot \text{lx)}$, por lo tanto cumple con la exigencia de máximo $7\text{ W/m}^2 \cdot \text{lx}$.

Resultados del mismo ejemplo modelado con DIALUX.

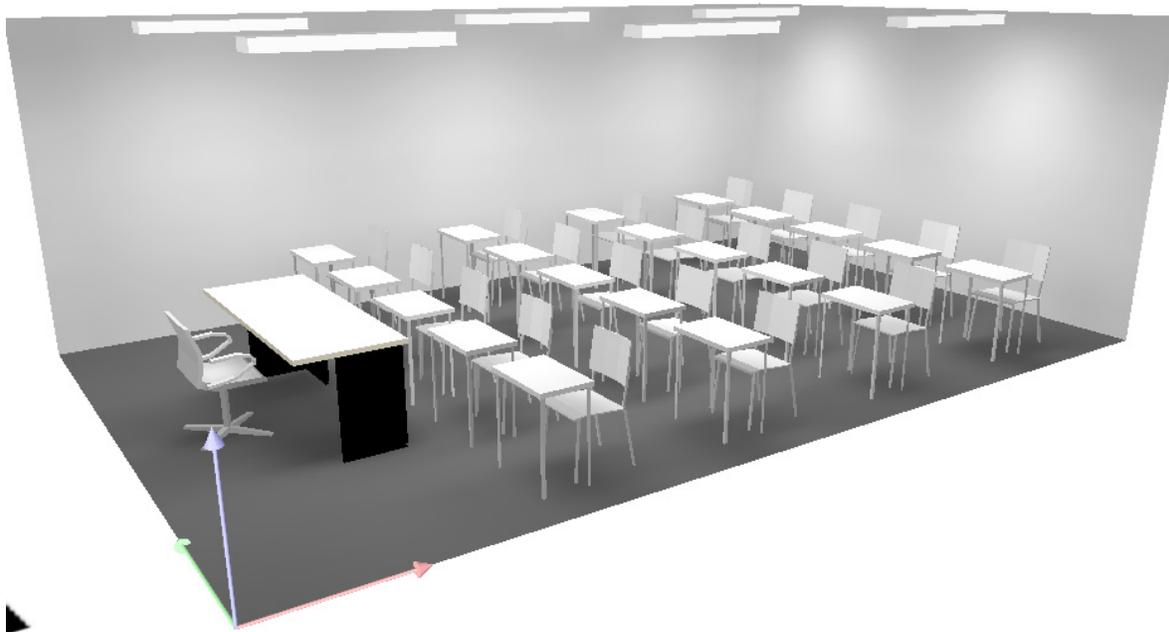


Figura 4.2: Modelación 3D de la sala de clases

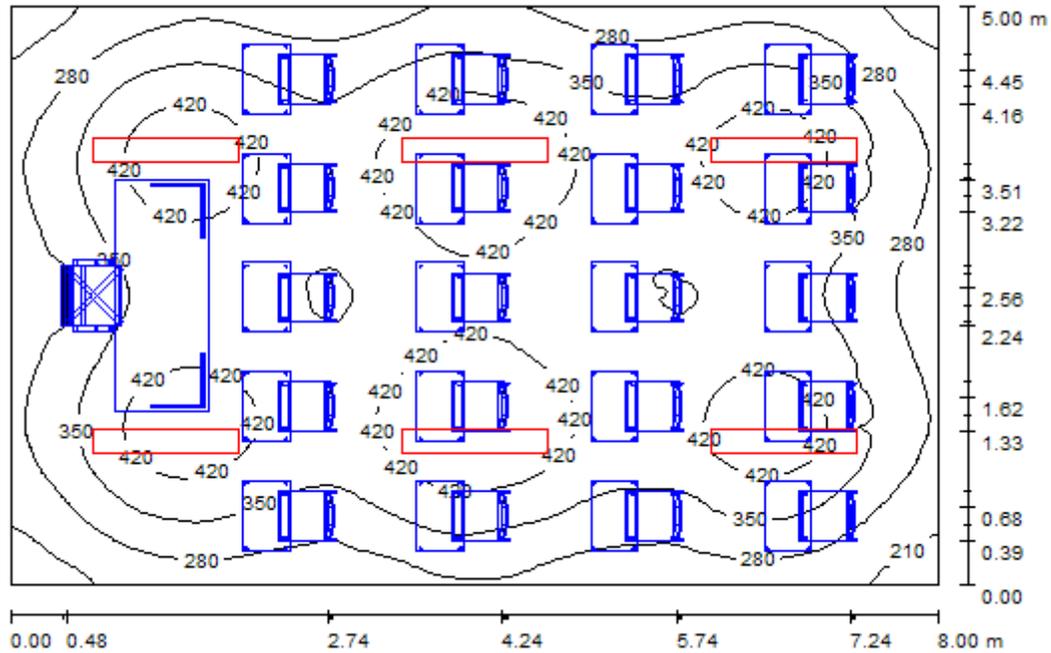


Figura 4.3: Resultados isolneas sala de clases

Resumen de cálculos lumínico y eficiencia energética

Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	357	173	490	0.484
Suelo	20	208	39	333	0.186
Techo	70	83	63	99	0.765
Paredes (4)	50	157	81	254	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	OSRAM 4008321413390 DIADEM 2x36 W VB MP (1.000)	3401	6400	72.0
			Total: 20406	Total: 38400	432.0

Valor de eficiencia energética: $10.80 \text{ W/m}^2 = 3.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 40.00 m^2)



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 5
Contribución Solar Mínima para
Agua Caliente Sanitaria

Esta guía técnica establece la exigencia de contribución solar mínima en instalaciones de agua caliente sanitaria que deberán cumplir las diferentes tipologías de edificios que se enmarcan dentro del ámbito de aplicación definido.

Se establecen los indicadores, procedimientos de cálculo y los métodos de comprobación en las fases de diseño, Construcción (obra) y post-ocupación (operación), con el objeto de disminuir y/o limitar la demanda de energía por este concepto.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento básico es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m².

Esta exigencia aplica a las tipologías de edificios públicos de oficina, educación, salud y seguridad en donde exista demanda de agua caliente sanitaria.

La contribución solar mínima que resulte de la aplicación de esta guía técnica, podrá disminuirse justificadamente sólo cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria. De la misma forma, las exigencias podrán ser aplicables a edificios residenciales que formen parte y/o sean complementarios a un proyecto de edificio público.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada (exigida) y la demanda energética anual de agua caliente sanitaria total del edificio, obtenidos a partir de los valores mensuales. Sus indicadores son:

La energía anual para el calentamiento de agua aportada (E_{caaa}), expresada en MJ/año, que corresponde a cantidad de energía anual aportada por la instalación solar térmica, y,

La contribución solar mínima anual, que es la fracción entre los valores anuales de la energía aportada por la instalación solar térmica (C_{sm}) y la demanda energética total anual de agua caliente sanitaria del edificio, obtenida a partir de los valores mensuales.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. CRITERIOS

La contribución solar mínima para agua caliente sanitaria se basa en la determinación mediante cálculo de la energía que aporta el sistema solar térmico respecto de la energía total que demanda el edificio para el calentamiento de agua sanitaria y su comparación con valores límites definidos.

3.2. VALORES LÍMITE

La Tabla 5.1 indica, para cada zona climática de radiación solar y diferentes niveles de consumo de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 45 °C, la contribución solar mínima anual exigida, expresada en porcentaje.

Tabla 5.1: Contribución solar mínima anual en %.

Consumo total de ACS del edificio (l/d)	ZONA CLIMÁTICA DE RADIACIÓN SOLAR					
	A	B	C	D	E	F
50-5.000	70	60	50	40	35	30
5.000 - 6.000	70	60	55	45	35	30
6.000 - 7.000	70	60	55	45	35	30
7.000 - 8.000	70	60	55	45	39	30
8.000 - 9.000	70	65	55	45	39	30
9.000 - 10.000	70	65	55	45	39	30
10.000 - 12.500	75	66	57	48	39	30
12.500 - 15.000	75	66	57	48	39	30
15.000 - 17.500	75	66	57	48	39	30
17.500 - 20.000	75	66	57	48	39	30
> 20.000	75	66	57	48	39	30

Fuente: Elaboración propia.

3.3. OTROS CRITERIOS Y/O CONSIDERACIONES GENERALES

El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética de ACS y en no más de tres meses el 100% y, a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50%

por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Las pérdidas por orientación e inclinación del sistema generador no podrán ser superiores al 10%; las provocadas por sombras serán inferiores al 10%; y, asimismo, las pérdidas totales no podrán superar el 15%.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. DATOS PREVIOS

Para verificar el cumplimiento de las exigencias que plantea esta guía técnica de apoyo se deberá contar, a lo menos, con la siguiente documentación: Ficha TDRé, que resume el cumplimiento y verificación de las distintas exigencias que define el documento TDRé, Proyecto de Arquitectura (planos y EETT), Proyecto Sanitario (Planos, EETT y Memoria de Cálculo) y Proyecto de Instalación Solar Térmica (Planos, EETT y Memoria de Cálculo).

Para establecer los porcentajes de contribución solar mínima, se debe definir el consumo total de agua caliente sanitaria del edificio y la zona climática de radiación solar donde se emplaza.

4.1.1. Cálculo de consumo de agua caliente sanitaria

Para valorar los consumos de agua caliente sanitaria se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Consumos de ACS de referencia a 45 °C:

CASO	Consumo Unitarios (Lts./día/pers.)	N° de Personas por Plaza (P)
Vivienda con sistema Unifamiliar	40	(*)
Vivienda con sistema Multifamiliar	30	(*)
Hospitales y Clínicas	80	1
Ambulatorio y Centro de Salud	60	1
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	60	1
Centro penitenciario	40	1
Albergue	35	1
Vestuarios/Duchas colectivas	30	3
Escuela sin duchas	6	0,5
Escuela con duchas	30	0,2
Cuarteles	40	1
Oficinas	3	0,5

Gimnasios	30	1
Restaurantes	12	2
Cafeterías	2	3

Fuente: Sistemas solares térmicos II – Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, CDT.

(*) Para determinar el número total de personas de una vivienda se deberá utilizar la tabla de personas estimadas por dormitorio que define el Reglamento de Sistemas Solares Térmicos - Ley 20.365.

El consumo total de agua caliente sanitaria se obtendrá multiplicando el consumo unitario por persona definido en la tabla anterior, por el número máximo de personas que se deducen del proyecto del edificio y por el porcentaje de ocupación o utilización del edificio. Si el programa funcional no establece el número de personas máximo que se deben considerar, se puede adoptar el criterio de personas por plaza recogidos de la segunda columna de la tabla 5.2.

4.1.2. Zonas Climáticas de radiación solar

Se considera la zonificación climática utilizada en la Norma Técnica que determina el 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 del Ministerio de Energía. Las zonas se definen teniendo en cuenta la radiación solar global media anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica en tabla 5.3.

Tabla 5.3: Zonificación climática de Radiación Solar en base a la radiación solar global media anual sobre superficie horizontal.

ZONA CLIMÁTICA	RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA ANUAL (H) [KWH/M2 AÑO]
A	1948 ≤ H
B	1701 ≤ H < 1948
C	1454 ≤ H < 1701
D	1208 ≤ H < 1454
E	961 ≤ H < 1208
F	961 < H

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 – Ministerio de Energía.

En la Tabla 5.4 se entrega información respecto de la zonificación climática de radiación solar para algunas comunas de nuestro país, así como la latitud media correspondiente. la Tabla completa se presenta en anexo 3, página 144.

Tabla 5.4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Arica	12	19	A
I Región de Tarapacá	Iquique	Alto Hospicio	5	20	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	9	24	A
IV Región de Coquimbo	Elquí	Coquimbo	68	30	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Concón	64	33	D
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	San Fernando	287	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Curicó	79	35	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Concepción	62	37	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Temuco	315	39	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Valdivia	330	40	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Puerto Montt	234	41	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Aisén	13	46	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Punta Arenas	239	54	F
Región Metropolitana	Santiago	Santiago	308	33	B

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 – Ministerio de Energía.

4.1.3. Cálculo de demanda de energía total para el calentamiento de agua sanitaria del edificio

La demanda de energía térmica del agua caliente sanitaria DE_{ACS} es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de agua de consumo $Q_{ACS}(T_u)$, desde la temperatura de entrada de agua fría T_{AF} en los puntos de consumo. Las características del agua están representadas por su densidad ρ y por el calor específico C_p a presión constante. Se calcula mediante la expresión:

$$DE_{ACS} = Q_{ACS}(T_u) \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_u - T_{AF})$$

Las temperaturas medias mensuales de agua fría de red serán obtenidas de la Norma Técnica que determina el 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, junto con los siguientes parámetros de diseño:

- Factor Modificador de la Radiación Incidente a una Superficie Inclinada (F_{d_i})
- Radiación Solar Global Sobre Superficie Horizontal (kWh/m^2)
- Radiación Solar Difusa Sobre Superficie Horizontal (kWh/m^2)
- Temperatura Ambiente Media Mensual y Media Anual ($^{\circ}C$)

4.2. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

El tipo de fluido de trabajo, los sistemas de protección contra heladas y los sistemas de protección contra sobrecalentamientos, deberán diseñarse conforme se establece y/o recomienda en la Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, desarrollados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción.

4.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El sistema de captación, el de acumulación, el de intercambio, los circuitos hidráulicos, el sistema de energía auxiliar, el sistema de control y el sistema de medida, deberán diseñarse conforme se establece y/o recomienda la Guía de Diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, desarrollados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción.

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

Para la verificación del cumplimiento de la exigencia en la fase de diseño, deberá realizarse una revisión del proyecto; planos, especificaciones técnicas y memoria de cálculo. Para verificar el diseño de la instalación podrán utilizarse algunas de las siguientes herramientas:

- a) **Programa simplificado de cálculo:** Es un programa de cálculo estático que normalmente utiliza valores medios mensuales de los parámetros climáticos y de demanda. La herramienta válida de este tipo es el programa **f-Chart**.
- b) **Programas de simulación estáticos:** Los programas de simulación estáticos (llamados de time-step), permiten una evaluación más cercana a la dinámica sobre la base de parámetros climáticos y de demanda en una resolución por hora o menos. Las herramientas válidas de este tipo son los siguientes programas: **T*SOL, TRNSYS, SIMSOL y TRANSOL**.

En ambos tipos de herramientas deberán contemplarse los aspectos definidos en el capítulo 4 de este documento.

En esta etapa se verificará que la contribución solar de energía para el calentamiento de agua sanitaria del sistema solar térmico, estimada mediante las herramientas de cálculo aceptadas definidas en el párrafo anterior e información deducida de las especificaciones técnicas del proyecto, sea a lo menos igual a la definida en la tabla 5.1, en atención al consumo total de agua caliente sanitaria del edificio y la zona climática de radiación solar donde se emplace.

Se verificará además, que las EETT del proyecto de instalación solar térmica contenga un plan

de mantenciones preventivas y procedimientos de actuación correctivos, y que, se definan las pruebas necesarias a realizar para verificar el funcionamiento de la instalación, tanto para la fase de construcción como de post-ocupación.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

En esta fase se velará porque lo instalado se corresponda con lo proyectado y que la instalación quede operativa. En este sentido, las instalaciones deben ser realizadas según la reglamentación vigente y por empresas autorizadas.

Hitos de Control

Se deberá verificar a los menos los siguientes elementos: colectores solares (rendimiento óptico, dimensiones, cantidad, orientación, inclinación), estanque de acumulación (capacidad y aislación térmica), redes de distribución (diámetros y aislación térmica), equipo auxiliar (capacidad, rendimiento). En forma complementaria se pueden considerar los hitos de control definidos en el Manual de Sistemas Solares Térmicos desarrollado por el MINVU.

Las modificaciones deberán ser autorizadas por el proyectista. Si éstas afectan la capacidad de generación de energía de la instalación solar térmica, deberá recalcularse la contribución solar térmica de la instalación y el cumplimiento de esta exigencia.

Pruebas generales de funcionamiento

Las pruebas de la instalación serán efectuadas por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales según normas. Estas pruebas deben realizarse en presencia del profesional responsable del proyecto.

Se deberán realizar las pruebas definidas por el proyectista en la EETT. Se deben contemplar a lo menos pruebas de hermeticidad de los circuitos (prueba de presión), medición puntual de la temperatura (colector y acumulador). En forma complementaria se pueden considerar las pruebas y protocolos definidos en el Manual de Sistemas Solares Térmicos desarrollado por el MINVU y/o las que defina el proyectista en sus EETT. Los resultados de las diferentes pruebas pasarán a formar parte de la documentación técnica final de la instalación.

5.3. VERIFICACIÓN POST - OCUPACIÓN

En esta fase se velará por que el sistema siga desempeñando la función para lo cual fue concebido.

La inspección y/o mediciones deben ser realizadas por empresas autorizadas y/o laboratorios de control técnico oficiales.

Hitos de Control

Se deberá verificar la correspondencia de los componentes que integran el sistema, a lo menos: (dimensiones, cantidad, orientación, inclinación), estanque de acumulación (capacidad y aislación térmica), redes de distribución (diámetros y aislación térmica), equipo auxiliar (capacidad, rendimiento).

En caso de existir modificaciones que afectan la capacidad de de generación de energía de la instalación solar térmica, deberá recalcularse la contribución solar térmica de la instalación y el cumplimiento de esta exigencia.

Pruebas generales de funcionamiento

Se deberá buscar evidencia de la implementación de las mantenciones preventivas y procedimientos de actuación correctivos definidos por el proyectista en las EETT.

Se deberán realizar las pruebas definidas por el proyectista, las cuales deben considerar a lo menos: estanquidad de los circuitos primarios y secundarios, medición de temperatura media de funcionamiento de colectores, medición la temperatura de la red de agua fría, medición de la temperatura del agua del acumulador, conforme a los protocolos definidos por el proyectista. En forma complementaria se pueden considerar las pruebas y protocolos de verificación de funcionamiento definidos en el Manual de Sistemas Solares Térmicos desarrollado por el MINVU.

GLOSARIO

Captadores solares: son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica, es decir en calor.

Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Radiación Solar Global media diaria anual: es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

Instalación Solar Térmica: sistema formado por captadores solares, un circuito primario y secundario, intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. Si el sistema funciona por Termosifón, será la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido. Si el sistema es forzado, entonces incluirá además: bombas y un panel de control principal.

REFERENCIAS/BIBLIOGRAFÍA

Cámara Chilena de la Construcción - Corporación de desarrollo Tecnológico. (2007). Sistemas Solares Térmicos – Manual de Diseño para el calentamiento de agua. 1° Edición. Santiago – Chile.

Cámara Chilena de la Construcción - Corporación de desarrollo Tecnológico. (2010). Sistemas Solares Térmicos II – Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. 1° Edición. Santiago – Chile.

Ministerio de Energía de Chile. (2010). Norma Técnica Ley 20.365. Santiago – Chile.

Ministerio de Hacienda de Chile. (2010). Ley 20.365 – Franquicia Tributaria respecto de sistemas solares térmicos. Santiago – Chile.

Ministerio de Hacienda de Chile. (2010). Reglamento Ley 20.365 – Santiago – Chile.

Ministerio de Vivienda de España. (2009). Código Técnico de la Edificación – Documento Básico HE Ahorro de energía. Madrid – España.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile - División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Manual Sistemas Solares Térmicos.

ANEXO 3: ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE RADIACIÓN SOLAR

Tabla 5.4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Arica	12	19	A
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Camarones	25	19	A
XV Región de Arica y Parinacota	Parinacota	General Lagos	99	18	A
XV Región de Arica y Parinacota	Parinacota	Putre	244	15	A
I Región de Tarapacá	Iquique	Alto Hospicio	5	20	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Camíña	26	19	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Colchane	57	19	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Huara	108	20	A
I Región de Tarapacá	Iquique	Iquique	113	21	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Pica	218	20	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Pozo Almonte	227	21	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	9	24	A
II Región de Antofagasta	El Loa	Calama	19	22	A
II Región de Antofagasta	Tocopilla	María Elena	166	22	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Mejillones	171	23	A
II Región de Antofagasta	El Loa	Ollagüe	190	21	A
II Región de Antofagasta	El Loa	San Pedro de Atacama	298	23	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Sierra Gorda	310	23	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Taltal	314	25	A
II Región de Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla	322	22	A
III Región de Atacama	Huasco	Alto del Carmen	4	29	A
III Región de Atacama	Copiapó	Caldera	21	27	B
III Región de Atacama	Chañaral	Chañaral	39	26	A
III Región de Atacama	Copiapó	Copiapó	37	27	A
III Región de Atacama	Chañaral	Diego de Almagro	81	26	A
III Región de Atacama	Huasco	Freirina	93	29	B
III Región de Atacama	Huasco	Huasco	109	28	C
III Región de Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	318	28	A
III Región de Atacama	Huasco	Vallenar	331	29	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	Andacollo	7	30	B
IV Región de Coquimbo	Choapa	Canela	27	31	C
IV Región de Coquimbo	Limarí	Combarbalá	61	31	A
IV Región de Coquimbo	Elquí	Coquimbo	68	30	C
IV Región de Coquimbo	Choapa	Illapel	111	32	A
IV Región de Coquimbo	Elquí	La Higuera	122	29	A
IV Región de Coquimbo	Elquí	La Serena	126	30	B
IV Región de Coquimbo	Choapa	Los Vilos	157	32	C

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
IV Región de Coquimbo	Limarí	Monte Patria	175	31	A
IV Región de Coquimbo	Limarí	Ovalle	193	31	B
IV Región de Coquimbo	Elquí	Paiguano	196	30	A
IV Región de Coquimbo	Limarí	Punitaqui	238	31	B
IV Región de Coquimbo	Limarí	Río Hurtado	272	30	A
IV Región de Coquimbo	Choapa	Salamanca	279	32	A
IV Región de Coquimbo	Elquí	Vicuña	335	30	A
V Región de Valparaíso	San Antonio	Algarrobo	1	33	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Cabildo	16	32	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Caldera	22	33	C
V Región de Valparaíso	Los Andes	Calle Larga	24	33	B
V Región de Valparaíso	San Antonio	Cartajeta	30	34	D
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Casablanca	31	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Catemu	33	33	B
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Concón	64	33	D
V Región de Valparaíso	San Antonio	El Quisco	86	33	D
V Región de Valparaíso	San Antonio	El tabo	87	33	D
V Región de Valparaíso	Quillota	Hijuelas	103	33	C
V Región de Valparaíso	Isla de Pascua	Isla de Pascua	115	27	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Juan Fernández	116	34	C
V Región de Valparaíso	Quillota	La Cruz	118	33	C
V Región de Valparaíso	Petorca	La Ligua	123	32	C
V Región de Valparaíso	Quillota	Limache	139	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Llaillay	142	33	B
V Región de Valparaíso	Los Andes	Los Andes	152	33	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Nogales	184	33	C
V Región de Valparaíso	Quillota	Olmué	191	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Panquehué	202	33	B
V Región de Valparaíso	Petorca	Papudo	203	32	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Petorca	216	32	B
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Puchuncaví	230	33	D
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Putendo	243	32	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Quillota	253	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Quilpué	254	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Quintero	258	33	D
V Región de Valparaíso	Los Andes	Rinconada	269	33	B
V Región de Valparaíso	San Antonio	San Antonio	280	34	C
V Región de Valparaíso	Los Andes	San Esteban	284	33	B

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	San Felipe	286	33	B
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Santa María	307	33	B
V Región de Valparaíso	San Antonio	San Domingo	309	34	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Valparaíso	332	33	D
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Villa Alemana	338	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Viña del Mar	340	33	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Zapallar	345	33	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Chépica	40	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Chimbarongo	45	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Codegua	52	34	B
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Coinco	55	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Coltauco	60	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Doñihue	82	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Graneros	101	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	La Estrella	119	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Las Cabras	134	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Litueche	141	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Lolol	147	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Machalí	160	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Malloa	164	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Marchihue	165	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Mostazal	176	34	B
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Nancahua	179	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Navidad	181	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Olivar	189	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Palmilla	200	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Paredones	204	35	C

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Peralillo	214	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Peumo	217	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Pichidegua	219	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Pichilemu	220	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Placilla	224	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Pumanque	237	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Quinta de Tilcoco	256	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Rancagua	260	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Rengo	266	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Requínoa	267	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	San Fernando	287	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	San Vicente	303	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Santa Cruz	305	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Cauquenes	34	36	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Chanco	38	36	C
VII Región del Maule	Linares	Colbún	56	36	C
VII Región del Maule	Talca	Constitución	65	35	C
VII Región del Maule	Constitución	Curepto	78	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Curicó	79	35	C
VII Región del Maule	Talca	Empedrado	88	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Hualañe	105	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Licatén	138	35	C
VII Región del Maule	Linares	Linares	140	36	C
VII Región del Maule	Linares	Longaví	149	36	C
VII Región del Maule	Talca	Maule	169	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Molina	174	35	C
VII Región del Maule	Molina	Parral	205	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pelarco	207	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Pelluhue	208	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pencahue	210	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Rauco	262	35	C
VII Región del Maule	Linares	Retiro	268	36	C
VII Región del Maule	Talca	Río Claro	271	35	C

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
VII Región del Maule	Curicó	Romeral	276	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Sagrada Familia	278	35	C
VII Región del Maule	Talca	San Clemente	283	36	C
VII Región del Maule	Linares	San Javier	290	36	C
VII Región del Maule	Talca	San Rafael	300	35	C
VII Región del Maule	Talca	Talca	312	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Teno	316	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Vichuquén	333	35	C
VII Región del Maule	Linares	Villa Alegre	337	36	C
VII Región del Maule	Linares	Yerbas Buenas	342	36	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Alto Biobío	3	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Antuco	10	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Antuco	11	37	D
VIII Región del Biobío	Ñuble	Bulnes	15	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Cabrero	18	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Cañete	28	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Chiguayante	41	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Chillán	43	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Chillán Viejo	44	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Cobquecura	49	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Coelemu	53	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Coihueco	54	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Concepción	62	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Contulmo	66	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Coronel	69	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Curanilahue	76	37	D
VIII Región del Biobío	Ñuble	El Carmen	84	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Florida	91	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Hualpén	106	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Hualqui	107	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Laja	131	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Lebu	137	38	D
VIII Región del Biobío	Arauco	Los Alamos	151	38	D
VIII Región del Biobío	Biobío	Los Angeles	153	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Lota	158	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Mulchén	177	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Nacimiento	178	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Negrete	182	38	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ninhue	183	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ñiquén	186	36	C

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
VIII Región del Biobío	Ñuble	Pemuco	209	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Penco	211	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Pinto	221	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Portezuelo	225	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Quilaco	249	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Quilleco	251	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Quillón	252	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Quirihue	259	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ránquil	261	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Carlos	282	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Fabián	285	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Ignacio	289	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Nicolás	295	36	C
VIII Región del Biobío	Concepción	San Pedro de la Paz	299	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	San Rosendo	302	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Santa Bárbara	304	38	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Santa Juana	306	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Talcahuano	313	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Tirúa	321	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Tomé	324	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Treguaco	328	36	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Tucapel	329	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Yumbel	343	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Yungay	344	37	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Angol	8	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Carahue	29	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Cholchol	46	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Collipulli	59	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Cunco	72	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Curacautín	73	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Curarrehue	77	39	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Ercilla	89	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Freire	92	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Galvarino	98	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Gorbea	100	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Lautaro	136	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Loncoche	148	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Lonquimay	150	38	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Los Sauces	156	38	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Lumaco	159	38	D

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
IX Región de la Araucanía	Cautín	Melipeuco	172	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Nueva Imperial	185	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Padre las Casas	195	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Perquenco	215	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Pitrufquén	223	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Pucón	231	39	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Purén	241	38	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Renaico	264	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Saavedra	277	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Temuco	315	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Teodoro Schmidt	317	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Toltén	323	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Traiguén	327	38	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Victoria	334	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Vilcún	336	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Villarrica	339	39	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Corral	70	40	D
XIV Región de los Ríos	Ranco	Futrono	97	40	D
XIV Región de los Ríos	Ranco	La Unión	127	40	D
XIV Región de los Ríos	Ranco	Lago Ranco	128	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Lanco	133	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Los Lagos	154	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Máfil	162	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Mariquina	168	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Paillaco	197	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Panguipulli	201	40	D
XIV Región de los Ríos	Ranco	Río Bueno	270	40	D
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Valdivia	330	40	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Ancud	6	42	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Calbuco	20	42	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Castro	32	42	E
X Región de los Lagos	Palena	Chaitén	37	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Chonchi	47	43	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Cochamó	50	42	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Curaco de Vélez	75	42	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Dalcahue	80	42	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Fresia	94	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Frutillar	95	41	D
X Región de los Lagos	Palena	Futaleufú	96	43	D
X Región de los Lagos	Palena	Hualaihué	104	42	E

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
X Región de los Lagos	Llanquihue	Llanquihue	143	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Los Muermos	155	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Mauñín	170	42	D
X Región de los Lagos	Osorno	Osorno	192	41	D
X Región de los Lagos	Palena	Palena	199	44	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Puerto Montt	234	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	Puerto Octay	235	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Puerto Varas	236	41	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Puqueldón	240	43	E
X Región de los Lagos	Osorno	Purranque	242	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	Puyehue	245	41	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Queilén	246	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quellón	247	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quemchi	248	42	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quinchao	255	43	E
X Región de los Lagos	Osorno	Río Negro	274	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	San Pablo	296	40	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Aisén	13	46	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	General Carrera	Chile Chico	42	47	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Cisnes	48	44	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	Cochrane	51	47	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	Covhauae	71	46	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Guaitecas	102	44	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	Lago Verde	129	44	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	O'higgins	188	49	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	General Carrera	Río Ibáñez	273	46	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	Tortel	326	48	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Antártica Chilena	Cabo de Hornos	17	55	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Laguna Blanca	130	52	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Ultima Esperanza	Natales	180	51	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Porvenir	226	53	E

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Primavera	228	53	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Punta Arenas	239	54	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Río Verde	275	53	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	San Gregorio	288	52	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Timaukel	320	54	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Ultima Esperanza	Torres del Paine	325	51	E
Región Metropolitana	Melipilla	Alhué	2	34	C
Región Metropolitana	Maipo	Buin	14	34	B
Región Metropolitana	Maipo	Calera de Tango	23	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Cerrillos	35	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Cerro Navia	36	33	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Colina	58	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Conchalí	63	33	B
Región Metropolitana	Melipilla	Curacaví	74	33	C
Región Metropolitana	Santiago	El Bosque	83	34	B
Región Metropolitana	Talagante	El Monte	85	34	C
Región Metropolitana	Santiago	Estación Central	90	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Huechuraba	110	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Independencia	112	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Isla de Maipo	114	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Cisterna	117	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Florida	120	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Granja	121	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Pintana	124	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Reina	125	33	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Lampa	132	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Las Condes	135	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Barnechea	144	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Espejo	145	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Prado	146	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Macul	161	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Maipú	163	34	B
Región Metropolitana	Melipilla	María Pinto	167	33	C
Región Metropolitana	Melipilla	Melipilla	173	34	C
Región Metropolitana	Santiago	Ñuñoa	187	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Padre Hurtado	194	34	B

Dirección de Arquitectura
Ministerio de Obras Públicas - Gobierno de Chile

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	ID	LATITUD MEDIA (S)	ZONA CLIMÁTICA
Región Metropolitana	Maipo	Paine	198	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Pedro Aguirre Cerda	206	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Peñaflor	212	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Peñalolén	213	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	Pirque	222	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Providencia	229	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Pudahuel	232	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	Puente Alto	233	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Quilicura	250	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Quinta Normal	257	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Recoleta	263	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Renca	265	33	B
Región Metropolitana	Maipo	San Bernardo	281	34	B
Región Metropolitana	Santiago	San Joaquín	291	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	San José de Maipó	292	34	C
Región Metropolitana	Santiago	San Miguel	294	33	B
Región Metropolitana	Melipilla	San Pedro	297	34	C
Región Metropolitana	Santiago	San Ramón	301	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Santiago	308	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Talagante	311	34	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Tiltil	319	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Vitacura	341	33	B



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 6
Calidad del Aire Interior**

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica de calidad del aire interior en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño, obra y post ocupación.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

Esta Guía aplica para edificios públicos de oficinas, educación, salud y seguridad, tanto en el interior de los mismos como en aquellos recintos que sirven para una ocupación humana típica y donde se dan emisiones de baja intensidad debida a materiales o sustancias olorosas.

Para recintos de cualquier otro tipo, tales como garajes, bodegas, almacenes de residuos, laboratorios, talleres, baños, etc. se considera que se cumple con las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Chile, RITCH.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

2.1. EXIGENCIA BÁSICA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los recintos, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado.

El aire exterior podrá ser provisto a través de medios de ventilación natural, mecánica o híbrida. Las infiltraciones de aire a través de las ventanas aportan aire exterior al balance y deben ser consideradas.

INDICADORES Y PARÁMETROS

Los parámetros que definen la calidad del aire interior se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de recintos particulares:

- a) Tasa de aire exterior por persona, Tap (L/s persona): Caudal de aire exterior fresco por persona según programa de ocupación del recinto que consulta el proyecto.
- b) Tasa de aire exterior por superficie, Tas (L/s m²): Caudal de aire exterior fresco por unidad de superficie del recinto a ventilar.
- c) Área de superficie de ventanas practicables Av (m²)
- d) Clase de permeabilidad al aire de ventanas dispuestas en fachadas Cv (s/d) y/o
- e) Porcentaje del tiempo de ocupación, Pto (%): Porcentaje del tiempo en que la concentración de CO₂ se encuentra bajo el estándar 1000 ppm que define el estándar ASHRAE 62-2989 como umbral de ventilación defectuosa.

Los Indicadores a, b, d y e son aplicables a edificios o recintos con ventilación activa y todos a edificios o áreas de edificios con ventilación pasiva.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. VALORES LÍMITE

Las tasas mínimas de ventilación para recintos o zonas de ventilación de los edificios públicos que trata este documento, se obtienen de la tabla 6.1 por personas y áreas. Para otros recintos no incluidos ahí referirse a la NCh 3308 (2013).

Flujo de aire exterior teórico por zonas Vbz (L/s)

Es igual a la suma de las tasas mínimas de ventilación por personas y por área obtenidas de las Tablas anteriores. Corresponde a la cantidad de aire nuevo teórica proveniente del ambiente exterior requerida en la zona de respiración, determinada con la ecuación siguiente:

$$Vbz = Rp \cdot Pz + Ra \cdot Az$$

- Donde:
- Az: área de la zona de ventilación, m².
 - Pz: número máximo de personas previsto para uso normal (población de diseño)
 - Rp: tasa de flujo de aire exterior requerida por persona, L/s por persona
 - Ra: tasa de flujo de aire exterior requerida por unidad de área, L/s por m²

Flujo de aire exterior por zona Voz (L/s)

Corresponde a la cantidad de aire nuevo de diseño mínima que debe suministrarse en la zona de respiración, determinada con la ecuación siguiente:

$$Voz = Vbz / Ez$$

Donde: Ez: Efectividad de distribución de aire zonal.

Los valores Ez de corrección del aire nuevo teórico se obtienen de la Tabla 6.5. Para otras configuraciones de distribución distintas utilizar Ez= 0,75 (valor por defecto)

De esta forma las tasa de aire exterior mínimas a inyectar a una zona de respiración para propósitos de estos TDR queda definido por el uso previsto para la zona o recinto, la población de diseño considerada y características propias de la distribución del aire.

Tabla 6.1: Tasas mínimas de ventilación en zonas de respiración: Edificios de Oficinas

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE OFICINAS		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona l/s-persona	Índice de aire exterior por Área l/s-m ²
Espacios de Oficina	2,5	0,3
Áreas de recepción	2,5	0,3
Teléfono / ingreso de datos	2,5	0,3
Lobbies de acceso principal	2,5	0,3

Fuente: NCh 3308: 2013

Tabla 6.2: Tasas mínimas de ventilación en zonas de respiración Edificios Educativos

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS EDUCACIONALES		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona l/s-persona	Índice de aire exterior por Área l/s-m ²
Jardín Infantil (hasta 4 años)	5,0	0,9
Enfermería de Jardín Infantil	5,0	0,9
Sala de clase (5-8 años)	5,0	0,6
Sala de clase (9 o más años)	5,0	0,6
Auditorio	3,8	0,3
Sala de clases de arte	5,0	0,9
Taller de maderas / metales	5,0	0,9
Laboratorios	5,0	0,9
Laboratorio de Computación	5,0	0,6
Centro multimedia	5,0	0,6
Música / teatro / danza	5,0	0,3
Sala de uso múltiple	3,8	0,3

Fuente: NCh 3308: 2013

Tabla 6.3: Tasas mínimas de ventilación en zonas de respiración: Edificios de Salud

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE SALUD		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona l/s-persona	Índice de aire exterior por Área l/s·m ²
Salas de pacientes	5,0	0,9
Salas de espera	5,0	0,9
Pasillos/Espacios de circulación	3,0	0,4
Sala de enfermeras	5,0	0,9
Sala de tratamiento	8,0	1,2
Sala de recuperación	8,0	1,2
Sala de aislamiento	8,0	1,2
Pabellones quirúrgicos	8,0	1,2

Fuente: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2010

Tabla 6.4: Tasas mínimas de ventilación en zonas de respiración: Edificios de Seguridad

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE SEGURIDAD		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona l/s-persona	Índice de aire exterior por Área l/s·m ²
Celda	2,5	0,6
Sala de estar	2,5	0,3
Estaciones de guardias	2,5	0,3
Reserva/espera	3,8	0,3

Fuente: NCh 3308: 2013

Tabla 6.5: Efectividad de la distribución del aire según distintas configuraciones

EFFECTIVIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN DE AIRE	EZ
Suministro de aire frío por techo	1,0
Suministro de aire caliente por techo y retorno de piso	1,0
Suministro de aire caliente por techo 8°C o más sobre la temperatura del espacio y retorno de techo.	1,0
Suministro de aire caliente por techo 8°C o menos por sobre la temperatura del espacio con retorno por techo manteniendo 0,8 m/s de velocidad de aire de suministro a una altura de 1,4 m del nivel de piso (1).	1,0
Nota: para aire de alimentación de menor velocidad Ez=0,8	1,0
Suministro de aire frío por el piso con retorno por techo a 0,8 m/s o más de velocidad de aire de suministro a una altura de 1,4 m sobre el nivel de piso (2).	1,0
Nota: la mayoría de los sistemas de distribución de aire bajo el piso cumple con este requerimiento	1,0
Suministro de aire frío por piso con retorno por techo, manteniendo una baja velocidad de ventilación por desplazamiento que provea un flujo unidireccional y estratificación térmica	1,2
Suministro de aire caliente por piso con retorno por piso (3).	1,0
Suministro de aire caliente por piso con retorno por techo (4)	0,7
Suministro por costado opuesto del recinto donde se encuentra la extracción del retorno	0,8
Suministro cerca de la ubicación de la extracción y/o retorno.	0,5
<p>Nota 1: aire frío es el aire que está más frío que el ambiente acondicionado Nota 2: aire caliente es el aire que está más caliente que el ambiente acondicionado Nota 3: piso incluye cualquier punto debajo de la zona de respiración Nota 4: techo incluye cualquier punto sobre la zona de respiración Nota 5: como alternativa al uso de los valores anteriores se puede considerar Ez, como igual a la efectividad de los niveles de renovación de acuerdo con ANSI/ASHRAE 129 para todas las configuraciones de distribución de aire excepto el flujo unidireccional</p>	

4. PROCEDIMIENTO

4.1. ANTECEDENTES PREVIOS PARA PROCESO DE FISCALIZACIÓN

En todos los casos se deberá contar, a lo menos, con los siguientes antecedentes para realizar la fiscalización de cumplimiento de exigencias según la fase o etapa en que ésta deba ser realizada: de diseño, de obra antes de recepción o de post ocupación, tiempo después de entregar a uso el edificio.

Fase diseño:

- a) Ficha TDRé con toda la información requerida para verificar cumplimiento de exigencias de calidad de aire en fase de diseño o proyecto.
- b) Proyecto de arquitectura del edificio: Antecedentes para deducir la geometría del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- c) Proyecto de ventilación y estudio que demuestra cumplimiento de exigencias que establecen los TDRé con a lo menos la siguiente información de respaldo: antecedentes técnicos de las instalaciones o sistemas previstos para la ventilación, consignas de diseño y cálculo, población de diseño por área, certificados de clases de ventanas y de desempeños de dispositivos previstos para ventilar tales como aireadores y celosías.

Fase obra:

- a) Ficha TDRé con toda la información requerida para verificar cumplimiento de exigencias de calidad de aire en fase de obra antes de recepción.
- b) Informe de inspección de ventanas puestas en obra que identifique tipo y clase.
- c) Informes de flujos de ventilación en recintos tipos definidos por la inspección fiscal (ventilación activa)

Fase post ocupación:

- a) Ficha TDRé con toda la información requerida para verificar cumplimiento de exigencias de calidad de aire en fase de post ocupación.
- b) Informe sobre flujos de aire de impulsión y/o extracción medidos en determinados recintos definidos por la inspección fiscal (ventilación activa)
- c) Informe sobre porcentaje de tiempo en que la concentración de CO₂ se mantiene bajo el umbral de 1000 ppm en determinados recintos definidos por la inspección fiscal (ventilación activa y pasiva).

4.2. METODOLOGÍA

Para el diseño de sistemas de ventilación pasiva y/o verificación de cumplimiento de exigencias, se podrá utilizar el método de cálculo estático que se define en el acápite 4.3 u otro método estático o dinámico aceptado por la inspección fiscal, que considere los efectos combinados del viento y tiro térmico, las infiltraciones a través de ventanas y ventilación a través de ventanas y otros dispositivos previstos para ventilar.

Para el diseño de sistemas de ventilación activos o y/o verificación de cumplimiento de exigencias, se utilizarán métodos aceptados de diseño y cálculo de redes e instalaciones que consideren como parámetro de diseño, las tasas de aire exterior mínimas a inyectar en las áreas que cubren según los usos previstos, la población de diseño y las características propias de la distribución del aire.

Independiente de la modalidad el desarrollo deberá considerar los siguientes aspectos:

- a) Particularización del destino del edificio y sus recintos, según sus funciones y programa de ocupación.
- b) Definición arquitectónica del edificio, sus fachadas, ventanas presentes en ellas, detallando dimensiones, ubicación y orientaciones.
- c) Determinación de caudales de ventilación por recintos, según lo indicado en el capítulo 3 de esta guía.
- d) Definición de la estrategia de ventilación y de las instalaciones y/o medios previstos para ello, características técnicas, cuadros de rendimientos y otros que expliquen sus desempeños.
- e) Cálculo de la infiltración/exfiltración de aire a través de las ventanas resultado del efecto combinado de viento y stack, según la sección 4.3.
- f) Comprobación del aporte de las infiltraciones a través de ventanas a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en el apartado 4.3.4.
- g) Cálculo de la ventilación natural a través de dispositivos de admisión, de paso y de extracción, cuando se contemplen en el proyecto, según la sección 4.3.
- h) Comprobación del aporte de la ventilación natural a través de dispositivos previstos para la ventilación, según el apartado 4.3.7, a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en c).
- i) Diseño y cálculo de los sistemas de ventilación mecánica, conforme establece el reglamento de instalaciones térmicas de Chile (RITCH).
- j) Comprobación del aporte de la ventilación mecánica a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en c).

El criterio de cálculo y comprobación considera que las necesidades de ventilación pueden ser satisfechas por uno o la suma de varios medios de aireación natural o mecánico, incluyendo infiltraciones de aire. Se deberán comprobar los distintos aportes, de modo de ajustar debidamente el diseño a las necesidades de calidad de aire de los recintos.

4.3. CÁLCULOS

4.3.1. Condiciones generales de los sistemas de ventilación

Los edificios deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser natural, mecánica o híbrida. Independiente de la solución que se consulte para la ventilación, ésta deberá observar las siguientes características generales:

- a) El aire debe circular desde los recintos secos o limpios a los húmedos o sucios. Recintos húmedos o sucios se entienden por baños, cocinas, talleres, laboratorios y otros donde existan emisiones contaminantes importantes adicionales a las típicas humanas.
- b) Los recintos secos o limpios deben disponer de aberturas de admisión. Los recintos húmedos o sucios deben disponer de aberturas de extracción. Las particiones situadas entre los recintos con admisión y los recintos con extracción, deben disponer de aberturas de paso.
- c) Los recintos con varios usos deben disponer de las aberturas correspondientes en cada zona destinada a un uso diferente.
- d) Como aberturas de admisión, se dispondrán aberturas dotadas de aireadores o aperturas incorporadas en la carpintería de vanos. Se consideran también aberturas de admisión las aberturas de puertas y ventanas que comunican los recintos con el ambiente exterior.
- e) Cuando la ventilación sea híbrida, las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior.
- f) Todos los recintos deben tener un sistema complementario de ventilación natural, sea una ventana operable o una puerta.
- g) Los recintos sucios o húmedos deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica. Para ello, debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general del edificio, que no puede utilizarse para la extracción de aire de recintos de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios extractores, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto, sólo cuando esté funcionando, o de cualquier otro sistema anti retorno.

4.3.2. Presión sobre la fachada por efecto stack

La presión sobre la fachada, producida por el diferencial térmico y la altura de columna, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$P_s = 0,04 \cdot (T_i - T_e) \cdot H_s$$

Donde: Ps: presión por efecto stack sobre la fachada (Pa).
Ti: temperatura de confort media anual de diseño (°C).
Te: temperatura exterior media anual de la localidad (°C).
Hs: altura de tiro térmico (m).

4.3.3. Presión de viento sobre la fachada

La presión de viento sobre la fachada, para los efectos de cálculo de infiltraciones de aire, se deberá calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_v = C_p \cdot C_e \cdot P_m$$

$$P_m = 0,613 \cdot (V_m)^2$$

Donde: Pv: presión de viento sobre la fachada (Pa).
Cp: coeficiente de presión del viento (s/d).
Ce: coeficiente de entorno-altura (s/d).
Pm: presión media de vientos de la localidad (Pa).
Vm: velocidad media de viento de la localidad (m/s).

El coeficiente Ce, de entorno-altura de la fachada y componentes, para condiciones de entorno, se presenta en la tabla 6.6.

Tabla 6.6: Coeficiente de entorno-altura, Ce.

ENTORNO DEL EDIFICIO	ALTURA DE LA FACHADA SOBRE EL NIVEL DEL SUELO EXTERIOR(M)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52	0,76
Zonas urbanas	0,50	0,50	0,50	0,66	0,85	1,12
Zonas rurales	0,52	0,52	0,66	0,94	1,12	1,39
Terreno abierto sin obstáculos	0,61	0,76	1,00	1,30	1,50	1,72

Fuente: UNE 85-220-86

El coeficiente Cp, de presión de viento, varía de acuerdo a la orientación, la altura de la fachada, características de la zona y condiciones de exposición del edificio. Valores de referencia se muestran en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7: Coeficiente de presiones de viento, Cp.

Parte de la fachada	Protección	COEFICIENTES DE PRESIONES DEL VIENTO				
		Barlovento	Sotavento	Tejado según inclinación		
				< 10°	10° - 30°	> 30°
Baja	abierta	+ 0,50	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	normal	+ 0,25	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20
	protegida	+ 0,05	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Media	abierta	+ 0,65	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	normal	+ 0,45	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20
	protegida	+ 0,25	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Alta	abierta	+ 0,80	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20

Fuente: EN 15242:2007

NOTA: Los coeficientes de presión del viento dados sólo son válidos para un sector del viento de aproximadamente +/- 60° al eje de la fachada. La dirección del viento no se considera más específicamente.

Las clases de protección de la fachada en que se dividen los edificios y los valores Cp, según la altura de éstos, se muestran en tabla 6.8.

Tabla 6.8: Coeficientes de presión de viento según altura del edificio y clase de protección

PARTE DE LA FACHADA	VALORES CP DE PRESIÓN DE VIENTO DE LA ZONA
Baja: 0 a 15 (m)	Si la altura media es inferior a 15 (m), el Cp se considera igual al de la parte baja de la fachada.
Media: 15 a 50 (m)	Si la altura media está entre 15 y 50 (m), el Cp de la zona se considera igual al de la parte media de la fachada.
Alta: más de 50 (m)	Si la altura media es mayor que 50 (m), el Cp se considera igual al de las partes altas de la fachada.

Fuente: UNE – EN 15242:2007 (3)

4.3.4. Permeabilidad al aire de las ventanas

La permeabilidad al aire de ventanas a 100 Pa de presión diferencial se obtiene de la tabla 6.9, por superficie de hoja y longitud de junta según el caso.

Tabla 6.9: Clases de permeabilidad al aire de ventanas.

CLASE	Caudal máximo de aire a 100 Pa por superficie de hoja (m ³ /h·m ²)	Caudal máximo de aire a 100 Pa por longitud de junta (m ³ /h·m)
0	No ensayada	
1	50,00	12,5
2	27,00	6,75
3	10,00	2,75
4	3,00	0,75

Fuente: NCh 3296: 2013

4.3.5. Clase aceptable de ventanas por zona climática

Las clases aceptables de permeabilidad al aire de las ventanas dispuestas sobre fachadas, por zona climática que define la NCh 1079 Of.2008, son las siguientes:

Tabla 6.10: Clases aceptables de permeabilidad al aire de ventanas dispuestas sobre fachadas

ZONA CLIMÁTICA	CLASE ACEPTABLE
Norte Litoral, NL	Todas
Norte Desértica, ND	4, 3, 2
Norte Valle Transversal, NVT	
Central Litoral, CL	
Central Interior, CI	4, 3
Sur Litoral, SL	
Sur Interior, SI	
Sur Extremo, SE	4
Andina, An	

Fuente: NCh 1079 Of.2008

Las ventanas a disponer en el edificio deberán contar con informe de ensayo de permeabilidad al aire, según NCh 3297: 2013 o la que la remplace.

4.3.6. Caudal de aire a través de la fachada por efecto stack y viento

El caudal de aire a través de componentes opacos y transparentes de la fachada, se calculará mediante la siguiente relación:

$$Q_a = Q_{4Pa} \cdot \left(\frac{Pf}{4} \right)^{0,667}$$

Donde: Q_a : caudal de aire a través de la fachada (m^3/h).
 Q_{4Pa} : permeabilidad al aire de la fachada a 4Pa de presión diferencial ($m^3/h \cdot m^2$).
Pf: presión de diseño sobre la fachada por la acción del viento y efecto stack (Pa).

El criterio de diseño para el cálculo de las infiltraciones se basa en las presiones medias anuales de viento de la localidad. El valor integra las distintas condiciones de aireación producto de las infiltraciones que se obtienen durante todo el año en la localidad.

4.3.7. Caudal de aire a través de medios previstos para ventilar

Los medios previstos para ventilar son aquellos dispositivos que se ubican en las aberturas de admisión, de extracción y de paso de aire, que sirven para dirigir adecuadamente el flujo de aire desde los puntos de admisión a los de extracción. Se caracterizan por el caudal de aire que pueden dejar pasar, sus pérdidas de carga y niveles de atenuación acústica.

Se dimensionan en tipo, tamaño y número, conociendo la presión de diseño y la curva característica caudal/presión del dispositivo informada por el fabricante.

La presión de diseño es el resultado de la acción del viento y efecto stack, definida en la sección 4.3.6.

4.3.8. Caudal de aire a través de ventanas

El caudal de aire debido a la apertura de ventanas, para un impacto lateral único, se puede calcular mediante la expresión:

$$Q_{av} = 1800 \cdot A_v \cdot V^{0,5}$$
$$V = Ct + Cw \cdot Vm^2 + Cst \cdot Hv \cdot (Ti - Te)$$

Donde:

- Qav: caudal de aire (m³/h).
- Av: área de abertura de la ventana (m²).
- V: velocidad del viento (m/h)
- Ct = 0,01: coeficiente que toma en cuenta las turbulencias del viento (s/d).
- Cw = 0,001: coeficiente que toma en cuenta la velocidad del viento (s/d).
- Cst = 0,0035: coeficiente que toma en cuenta el efecto chimenea (s/d).
- Hv: altura de la ventana (m).
- Vm: velocidad meteorológica media del viento a 10 m de altura (m/s).
- Ti: temperatura media anual interior del recinto (°C).
- Te: temperatura meteorológica media anual exterior de la localidad (°C).

Para ventanas oscilantes inferiores, el cociente entre el caudal a través del área de apertura y el área de la ventana abierta en su totalidad varía según el ángulo de apertura, como se muestra en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11: Cociente del caudal a través de una ventana inferior oscilante y la misma abierta

ÁNGULO DE APERTURA VENTANA (°)	0	5	10	15	20	25	30	45	60	90	180
Cociente de caudal (s/d)	0,00	0,09	0,17	0,25	0,33	0,39	0,46	0,62	0,74	0,90	1,00

Fuente: EN 15242: 2007

4.3.9. Ventilación a través de ventanas en salas de clases

Para recintos de salas de clases, cuando la calidad de aire interior dependa sólo de la apertura de ventanas, el diseño deberá asegurar las áreas de admisión de aire a través de ventanas por zona climática, según la Tabla 6.12.

Tabla 6.12: Áreas mínimas de admisión de aire a través de ventanas por zona climática.

ZONA CLIMÁTICA	CLASE ACEPTABLE
Norte Litoral, NL	0,091
Norte Desértica, ND	0,052
Norte Valle Transversal, NVT	0,088
Central Litoral, CL	0,077
Central Interior, CI	0,107
Sur Litoral, SL	0,075
Sur Interior, SI	0,082
Sur Extremo, SE	0,059
Andina, An	0,076

Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos de NCh 1079 Of.2008 y métodos de UNE-EN 15242: 2007

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. EDIFICIO CON VENTILACIÓN PASIVA

5.1.1. Comprobación en fase de diseño

- a) Que el flujo de aire exterior en los recintos, estimado mediante métodos de cálculo aceptados y un supuesto de aberturas de ventilación sea a lo menos igual a la suma de las necesidades por personas y por unidad de superficie y no superior a un 20% de ese valor durante el 50 % del tiempo de ocupación anual de los recintos.
- b) Que la clase de permeabilidad al aire de las ventanas exteriores que exhiben los certificados o informes técnicos sean las adecuadas a las exigencias de la zona climática.
- c) Que el área de superficies practicables del proyecto de arquitectura sea, a lo menos, igual a la definida mediante cálculo estático o simulaciones dinámicas en el estudio y/o proyecto de ventilación pasiva

La comprobación de flujo de aire se realiza mediante cálculo estático o simulación dinámica y, cubre un máximo de 10 % de los recintos o zonas de respiración perimetrales y no más de 4 recintos tipos.

La comprobación de clase de permeabilidad cubre el 100 % de las ventanas ubicadas en las fachadas de los edificios.

5.1.2. Comprobación en fase de obra

- a) Que las ventanas exteriores puestas en obra tengan la clase de permeabilidad al aire adecuada a la zona climática, conforme verifica la inspección de obras respectiva.
- b) Que el área practicable de ventana sea, a lo menos, igual a la definida en el proyecto de arquitectura
- c) Que las instalaciones de ventilación natural sean similares o equivalentes a las proyectadas y que los eventuales cambios no afecten su desempeño estimado, conforme verifica la inspección de obras respectivas.

La comprobación de clase de permeabilidad cubre el 100 % de las ventanas ubicadas en las fachadas de los edificios.

5.1.3. Comprobación en fase post ocupación

- a) Que la concentración de CO₂ en los recintos, medida (monitoreo) a la altura de la cabeza de una persona sentada durante una semana de periodo invernal, se mantenga bajo el umbral 1000 ppm, durante a lo menos:
- El 60% del tiempo de ocupación en recintos de aulas.
 - El 70% de tiempo de ocupación en recintos de oficinas y áreas de atención.

Comprobación que se realiza en un 10 % de los recintos o zonas de respiración perimetrales y en no más de 4 recintos tipo, y se extiende por un periodo mínimo de una semana.

5.2. EDIFICIO CON VENTILACIÓN ACTIVA

5.2.1. Comprobación en fase de diseño

- a) Que el flujo de aire exterior en los recintos, deducido de las especificaciones técnicas del proyecto de instalaciones de ventilación, sea a lo menos igual a la suma de las necesidades por personas y por unidad de superficie y no superior a un 20% de ese valor.
- b) Que la clase de permeabilidad al aire de las ventanas exteriores que exhiben los certificados o informes técnicos sean las adecuadas a las exigencias de la zona climática.

La comprobación de flujo de aire se realiza y cubre el 100% de las zonas de respiración previstas para ventilar forzosamente. Se revisa la consistencia entre los requerimientos de caudal por zona, que se definen en el punto 3, con los caudales de diseño o consigna contemplados.

La comprobación de clase de permeabilidad cubre el 100 % de las ventanas ubicadas en las fachadas de los edificios.

5.2.2. Comprobación en fase de obra

- a) Que el flujo de aire exterior por recinto, determinado mediante métodos de medición in situ aceptados, corresponda con lo proyectado y sea, a lo menos igual a la suma de las necesidades por personas y por unidad de superficie, y no superior a un 20% de ese valor.
- b) Que las instalaciones de ventilación forzada sean similares o equivalentes a las proyectadas y que los eventuales cambios no afectan su desempeño estimado, conforme verifica la inspección de obras respectivas.
- c) Que las ventanas exteriores puestas en obra tengan la clase de permeabilidad al aire adecuada a la zona climática, conforme verifica la inspección de obras respectivas.

La comprobación de clase de permeabilidad cubre el 100 % de las ventanas ubicadas en las fachadas de los edificios. La comprobación de flujos de aire exterior impulsado o extraído forzadamente de los recintos se realiza dos veces, con un periodo de a lo menos de 30 minutos de diferencia entre una y otra determinación, en un máximo de 10% de los recintos o zonas de respiración perimetrales, y en a lo menos 4 recintos tipos.

5.2.3. Comprobación en fase post ocupación

- a) Que la concentración de CO₂ en los recintos, medida (monitoreo) a la altura de la cabeza de una persona sentada durante una semana de periodo invernal, se mantenga bajo el umbral 1000 ppm durante a lo menos:
 - El 80% del tiempo de ocupación en recintos de aulas.
 - El 80% de tiempo de ocupación en recintos de oficinas
- b) Que el flujo de aire exterior por recinto, determinado mediante métodos de medición in situ aceptados, sea a lo menos igual a la suma de las necesidades por personas y por unidad de superficie y no superior a un 20% de ese valor.

La comprobación de frecuencia de concentración de CO₂ se realiza en un máximo del 10% de los recintos o zonas de respiración perimetrales y en a lo menos 4 recintos tipos.

La comprobación de flujos de aire exterior impulsado o extraído forzadamente de los recintos se realiza dos veces, con un periodo de a lo menos de 30 minutos de diferencia entre una y otra determinación, en un máximo de 10 % de los recintos o zonas de respiración perimetrales y en a lo menos 4 recintos tipo.

GLOSARIO

Abertura de admisión: abertura de ventilación que sirve para la admisión, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de admisión.

Abertura de extracción: abertura de ventilación que sirve para la extracción, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de extracción.

Abertura mixta: abertura de ventilación que comunica el recinto directamente con el exterior y que en ciertas circunstancias funciona como abertura de admisión y en otras como abertura de extracción.

Abertura de ventilación: vano en uno de los elementos constructivos que delimitan un recinto para permitir la transferencia de aire entre el mismo y otro recinto contiguo o el espacio exterior.

Admisión: entrada de aire exterior a un recinto para su ventilación y, en algunos casos, también para la de otros recintos.

Aireador: elemento que se dispone en las aberturas de admisión para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de abertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada.

Área de apertura de ventana: es la superficie de ventana operable que sirve efectivamente como abertura de admisión o extracción, comunicando el recinto directamente con el exterior.

Caudal de ventilación: volumen de aire que, en condiciones normales, se aporta a un recinto por unidad de tiempo.

Conducto de admisión: conducto que sirve para introducir el aire exterior al interior de un recinto cuando ninguno de los elementos constructivos que lo conforman está en contacto con un espacio exterior apto para que pueda disponerse en él la abertura de entrada del aire de ventilación.

Conducto de extracción: conducto que sirve para sacar el aire viciado al exterior.

Contaminantes (del aire): sustancias que, durante el uso de un recinto, se incorporan al aire interior y deterioran su calidad en una medida tal que pueden producir molestias inaceptables o enfermedades en los ocupantes del recinto.

Expulsión: salida al exterior del aire viciado.

Extracción: evacuación hacia el exterior del aire viciado de un recinto. Este aire puede haberse contaminado en el propio recinto o en otros comunicados con él.

Extractor: ventilador que sirve para extraer de forma localizada los contaminantes.

Hermeticidad al aire: término genérico para describir la resistencia de la envolvente del edificio a las infiltraciones. Mientras mayor sea la hermeticidad a un determinado diferencial de presión a través de la envolvente, menor será la infiltración.

Infiltración: intercambio de aire no controlado entre el interior y el exterior de una edificación, a través de grietas, porosidad y otras aperturas no intencionales en el edificio. Es causado por diferencias de presión producto del viento y/o por efecto stack.

Permeabilidad al aire: propiedad física utilizada para medir la hermeticidad al aire de la envolvente de un edificio. Se define como el índice de traspaso de aire por hora por m² de área de envolvente a un diferencial de presión de referencia, por lo general 50 Pascales (m³/h·m²).

Ventana operable: Aquella que es posible manipular, como las ventanas correderas, ventanas abatibles y oscilobatientes. Quedan excluidas aquellas ventanas de paño fijo.

Ventilación: proceso de renovación del aire de los recintos para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

Ventilación Híbrida: ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y; cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

Ventilación Mecánica: ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

Ventilación Natural: ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

REFERENCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2010), Energy standard for buildings except low-rise residential buildings. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-, Atlanta, USA.

Instituto Español de Normalización (IRANOR), (1986), Criterios de elección de las características de las ventanas relacionadas con su ubicación y aspectos ambientales. UNE 85-220-86. Madrid, España.

Comité Europeo de Normalización (CEN), (2007), Ventilación de Edificios: Métodos de cálculo para la determinación de las tasas de los caudales de aire en edificios, incluyendo la infiltración. UNE-EN 15242:2007. Madrid, España.

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. NCh1079. Of2008. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), Arquitectura y construcción: Ventilación – Calidad aceptable de aire interior - Requisitos. NCh 3308. Of2013. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2013), Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire - Método de ensayo. NCh3297: 2013. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (INN), (2013), Puertas y ventanas - Permeabilidad al aire - Clasificación. NCh3296: 2013. Santiago, Chile.

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2009), ASHRAE Handbook Fundamentals. SI ed., Atlanta, USA.

ASHRAE. (2010), Ventilation for acceptable indoor air quality. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010. Atlanta, USA.

ANSI ASHRAE 129-1997 (RA 2002), Standard 129-1997 (RA 2002). Measuring Air Change Effectiveness

Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. (2007), Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH). Santiago, Chile.

Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (2006), Environmental design: CIBSE guide A. 7° ed., London, UK.

CIBSE, (2006), Heating, ventilating, air conditioning and refrigeration: CIBSE guide B. Norwich, UK.

CIBSE, (2005), Natural ventilation in non-domestic buildings: CIBSE Applications Manual AM10. Norwich, UK.

Department of communities and local government, (2010), Building regulations 2000, Approved document F: Means of ventilation. ed., London, UK, NBS, 2010.

Ministerio de Vivienda, (2006), Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España.

The Department for Children, Schools and Families, (2007), Building Bulletin 101: Ventilation of School Buildings. Version 1.4 UK,. ISBN 011-2711642.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 7
Confort Higrotérmico**

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica de Confort Higrotérmico. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra. El principio fundamental se basa en conseguir condiciones ambientales de confort higrotérmico adecuadas para el bienestar de los ocupantes, considerando las características de uso, la tipología de edificación y las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo para alcanzar las condiciones de confort esperadas, y sólo cuando esto no sea posible se deberá utilizar algún sistema activo.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- a) El presente documento es de aplicación en proyectos de:
- b) Edificios públicos nuevos.

Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Esta Guía aplica para edificios públicos de oficinas, educación, salud y seguridad.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los edificios tendrán características tales que las condiciones de confort higrotérmico de sus recintos habitables, expresado en base a los indicadores combinados de temperatura y humedad relativa del aire, se encuentren dentro de un rango establecido por valores límites mínimos y máximos. Condiciones que se podrán lograr utilizando estrategias de diseño pasivo o, con el apoyo de sistemas de calefacción y/o refrigeración cuando fuese necesario.

2.1. INDICADORES

- a) **Temperatura operativa de diseño, To (°C):** Temperatura considerada de diseño o consigna para sistemas activos.
- b) **Humedad Relativa del aire de diseño, HR (%):** Humedad considerada de diseño o consigna para sistemas activos.

- c) **Frecuencia de Temperatura Operativa, Ft (%):** Porcentaje de tiempo en que la temperatura de un recinto se mantiene dentro de la zona de confort definida por un límite inferior y superior de temperatura.
- d) **Frecuencia de Humedad Relativa, Fhr (%):** Porcentaje de tiempo en que la humedad relativa del aire de un recinto se mantiene dentro de la zona de confort definida por un límite inferior y superior de humedad relativa del aire.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Los criterios de desempeño del confort higrotérmico se definen por rangos, que varían según las condiciones de operación del edificio:

- a) **Si el recinto o edificio es pasivo;** el confort higrotérmico se deberá lograr por efecto de las características de diseño del edificio, de acuerdo a las condiciones climáticas locales y, se deberá comprobar que se sitúa dentro del rango definido por los valores límites.
- b) **Si el recinto o edificio es calefaccionado y/o refrigerado;** el rango de confort higrotérmico se establece como condición de operación de los sistemas activos de calefacción y/o refrigeración, los que, además, se consideran como parámetros de simulación para la determinación de la demanda de energía (Guía Técnica de Apoyo N°2).

3.1. VALORES LÍMITE DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA EDIFICIOS PASIVOS

El procedimiento para establecer los valores límites que definen el rango de confort higrotérmico para edificios pasivos, se basa en el modelo de confort adaptativo (Szokolay 2004). Este modelo define la temperatura neutral (T_n) en base a la temperatura media (T_m) del mes a analizar.

$$T_n = 17,6 + 0,31 \cdot T_m$$

Donde: T_n : temperatura neutral (°C).
 T_m : temperatura media del mes (°C).

Según lo anterior, las temperaturas límites de la zona de confort (aquella definida para un 90% de aceptación), están definidas por:

$$T_{inf}: T_n - 2,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{sup}: T_n + 2,5^{\circ}\text{C}$$

Donde: T_{inf} : límite inferior de la temperatura operativa (°C).
 T_{sup} : límite superior de la temperatura operativa (°C).

La temperatura ambiental de un recinto, estimada mediante métodos de simulación (fase de diseño) o monitoreos instrumentalizados (fase post ocupación), debe estar dentro de rangos definidos por esos límites un porcentaje de tiempo o de frecuencia durante el horario de ocupación de los recintos.

La Tabla 7.1 define las frecuencias de temperatura operativa recomendadas para recintos analizados pasivamente según zona climática. Medida del esfuerzo exigible al diseño pasivo.

Tabla 7.1: Valores límites para la frecuencia de temperatura operativa Ft (%) dentro de rango de confort según zona climática

RECINTO	ZONA CLIMÁTICA	FRECUENCIA DE TEMPERATURA OPERATIVA FT (%)
De Oficinas, Salud y Educativos excluidos recintos mediterráneos, interiores y de alta carga ocupacional.	Norte Litoral, NL Norte Desértica, ND Norte Valle Transversal, NVT	≥ 70
	Central Litoral, CL Central Interior, CI Sur Litoral, SL Sur Interior, SI	≥ 60
	Sur Extremo, SE Andina, An	≥ 30

Fuente: Elaboración propia con información del Proyecto Fondef D10 I 1025

En la etapa de diseño el análisis de frecuencia de temperaturas operativas se realiza y cubre un máximo de 10% de los recintos y no más de 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso del mes más frío y del mes más caluroso de la localidad.

En la etapa post ocupación, el análisis de temperaturas operativas se realiza y cubre mediciones en un máximo de 10% de los recintos y no más de 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso de un periodo semanal de época estival o invernal según régimen más desfavorable en la localidad.

3.2. VALORES LÍMITE DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA SISTEMAS ACTIVOS

Tabla 7.2: Valores límite de temperaturas operativas y humedades relativas del aire para recintos de edificios con sistemas activos de calefacción y/o refrigeración.

EDIFICIOS DE OFICINAS				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Oficinas	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Atención de público / espera	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10

EDIFICIOS EDUCACIONALES				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Salas de clases	19-22	50 ± 10	N/A	N/A
Laboratorios / Talleres	19-22	50 ± 10	N/A	N/A
Laboratorio de computación	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Gimnasio	14-18	50 ± 10	N/A	N/A
Dormitorio Internado	19-22	50 ± 10	N/A	N/A
Oficinas	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10

EDIFICIOS DE SALUD				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Habitaciones	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Boxes	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Laboratorios	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Pabellones quirúrgicos	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10
Oficinas	19-22	50 ± 10	22-24	50 ± 10

EDIFICIOS DE SEGURIDAD				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Celdas	N/A	N/A	N/A	N/A
Sala guardia	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia

Nota: estos valores pueden ser remplazados por exigencias específicas de los proyectos.

En la etapa de diseño se podrán utilizar temperaturas y humedades dentro de esos rangos de consignas, circunstancias que deberá verificar la fiscalización.

En la etapa post ocupación, el análisis de temperaturas operativas y humedades relativas se realiza y cubre mediciones en un máximo de 10% de los recintos y en a lo menos 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso de un periodo semanal de época estival o invernal según régimen más desfavorable en la localidad.

4. PROCEDIMIENTO

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento del comportamiento higrotérmico del edificio, se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio. Se deberán tener en cuenta, de manera simultánea, las solicitaciones exteriores e interiores y, además, se deberán considerar

los efectos de masa térmica. Este método corresponde al definido en la Guía Técnica de Apoyo N°2: "Limitación de la Demanda Energética de Edificios.

4.1. MÉTODO DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Los modelos computacionales que se desarrollen como base para llevar a cabo el proceso de simulaciones de desempeño energético de los edificios, deberán integrar los siguientes elementos, con el fin de obtener la estimación de demandas energéticas de calefacción y refrigeración para su ocupación y operación:

4.1.1. Registros climatológicos

Para la ejecución de simulaciones de desempeño, deberán utilizarse registros climatológicos de datos obtenidos con una frecuencia horaria (hora a hora), privilegiándose la obtención de estos datos desde fuentes meteorológicas oficiales.

En caso de no existir o verse dificultado el acceso a una base de datos oficial para la localidad del proyecto, podrá utilizarse, alternativamente, una base de datos climatológicos obtenida mediante la triangulación de datos de las estaciones de medición disponibles más cercanas al lugar.

En cualquier caso, deberá declararse el origen de la base de datos para su validación.

4.1.2. Definición geométrica

Para la definición geométrica del edificio, se debe contar con todos los antecedentes relevantes, incluyendo planos y especificaciones técnicas de arquitectura, emplazamiento y otros que el equipo de diseño pudiera aportar para tal efecto.

Se creará un modelo que represente íntegramente el edificio, en cuanto a su forma, dimensiones, orientación, condición de contacto con el terreno y obstáculos remotos que puedan generar sombra sobre los cerramientos exteriores.

Para la evaluación de los vanos se deberá incluir aquellos obstáculos remotos, como voladizos, celosías, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior, además del retranqueo de planos.

4.1.3. Definición material

En el caso de elementos constructivos opacos, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica y densidad) de los materiales que conformen las diferentes soluciones constructivas. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales, otorgadas por instituciones acreditadas, según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007 o el Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) del MINVU.

Para los elementos constructivos acristalados, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica, densidad y factor solar) de los materiales que conformen las soluciones. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, según lo informado en la norma NCh 853 Of. 2007.

4.1.4. Condiciones térmicas internas

Los requerimientos de confort térmico para cada recinto habitable o grupo de recintos habitables deberán ser definidos de acuerdo a la Tabla 7.2.

En los recintos no habitables se permitirá una oscilación libre de la temperatura interior, cuando estos locales no tengan una condición de régimen especial de funcionamiento. En el caso de recintos no habitables que presenten requerimientos de temperatura para su operación, deberá definirse un rango de temperatura operacional particular, con el fin de estimar la contribución del sistema de climatización del recinto a la demanda de energía.

Para efectos de cálculo de la demanda energética, los recintos se clasificarán en función de la cantidad de calor disipado en su interior, de acuerdo a la actividad principal que los caracterice y al período de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- a) **Recintos con carga interna baja:** espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a permanecer en ellos, con carácter eventual o sostenido. En esta categoría se incluyen espacios tales como: habitaciones, salas de estar, junto con sus zonas de circulación asociadas, etc.
- b) **Recintos con carga interna alta:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación y/o la operación de iluminación o equipos. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio. En esta categoría se incluyen espacios tales como: salas de clases, servidores de computación, auditorios, laboratorios de computación, cocinas industriales, salas de atención de público, etc.

Junto con lo anterior, deberá definirse un perfil de ocupación y operación con las fuentes de aportes

y pérdidas de calor, para cada recinto o grupo de recintos, de acuerdo a su tipo:

- a) **Cargas de ocupación:** se deberá definir de acuerdo a la actividad metabólica de los ocupantes proyectados para el recinto, cuyo número, nivel de actividad y régimen de ocupación deberá ser estimado según el programa arquitectónico, información gráfica contenida en las plantas de arquitectura e indicaciones que pudiese aportar la institución mandante.
- b) **Cargas de Iluminación artificial:** para la estimación de cargas de calor por operación de luminarias, deberá considerarse la aplicación de unidades eficientes. La contribución calórica particular de este ítem deberá ser concordante, en forma simultánea, con los requerimientos contenidos en la Guía Técnica de Apoyo N° 4: “Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación”.
- c) **Cargas de operación de equipos:** deberá considerarse la operación de artefactos eléctricos y equipos que contribuyan a la carga de calor de los recintos, incluyendo la eficiencia de operación de los sistemas de climatización, de acuerdo a lo señalado en Guía Técnica de Apoyo N° 3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”.
- d) **Cargas de ventilación e infiltración:** en todo caso, para la estimación de tasas de ventilación en recintos habitables y su contribución en términos de aportes o pérdidas de calor, se deberá dar cumplimiento simultáneo a las condiciones contenidas en la Guía Técnica de Apoyo N°6: “Calidad del Aire Interior”.

4.1.5. Especificación del método de cálculo

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los siguientes aspectos:

- a) Particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;
- b) Determinación de las sombras producidas sobre los vanos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
- c) Valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y vanos acristalados considerando la radiación absorbida;
- d) Transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en

cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;

- e) Valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del vano;
- f) Toma en consideración las tasas de infiltraciones de aire a través de envolvente perimetral en términos de renovaciones/hora;
- g) Toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales;
- h) Valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
- i) Valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de referencia y durante los periodos sin ocupación);
- j) Acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

4.2. PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE REFERENCIA

El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación.

Los programas informáticos recomendados para la verificación de la limitación de demanda energética son: TAS, Desing Builder, EnergyPlus, Trnsys, IES.

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. EDIFICIO O ÁREAS PASIVAS

5.1.1. Comprobación en fase de diseño

- Que el porcentaje de tiempo en que la temperatura operativa, estimada horariamente mediante programas informáticos aceptados de simulación dinámica e información deducida de las especificaciones técnicas del proyecto, se mantenga dentro de los rangos de confort adaptativo definidos en la tabla 7.1.

La comprobación de temperaturas operativas se realiza y cubre un máximo de 10% de los recintos y en a lo menos 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso del mes más frío y del mes más caluroso de la localidad.

5.1.2. Comprobación en fase post ocupación

- Que el porcentaje de tiempo en que la temperatura operativa, medida mediante técnicas de monitorización se mantenga dentro de los rangos de confort adaptativo definidos en la Tabla 7.1.

La comprobación de temperaturas operativas se realiza y cubre un máximo de 10 % de los recintos y no más de 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso de un periodo semanal de época estival o invernal según régimen más desfavorable en la localidad.

5.2. EDIFICIOS CON SISTEMAS ACTIVOS

5.2.1. Comprobación en fase de diseño

- Que la temperatura operativa y humedad relativa del aire utilizadas de diseño y consigna para dimensionar la demanda energética del edificio y el diseño de instalaciones térmicas se encuentren dentro de los rangos recomendados en la Tabla 7.2 de parámetros de diseño y cálculo.

La comprobación de temperaturas y humedades relativas cubre el 100% de los recintos previstos para ventilar forzosamente.

5.2.2. Comprobación en fase post ocupación

- Que el porcentaje de tiempo en que la temperatura operativa y la humedad relativa del aire, medida mediante técnicas de monitorización, se mantenga dentro de los rangos de temperaturas y humedades recomendados en los TDRé para edificios activos, a lo menos en:
 - El 95% del tiempo: en recintos de oficinas y áreas de atención
 - El 90% del tiempo en recintos de aulas, auditorio, talleres.

La comprobación de temperaturas operativas y humedad relativa se realiza y cubre un máximo de 10% de los recintos y no más de 4 recintos. El tiempo de verificación son todas las horas de uso de un periodo semanal de época estival o invernal según régimen más desfavorable en la localidad.

GLOSARIO

Confort higrotérmico: manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente.

Edificio pasivo: edificio que no dispone de un sistema de calefacción y refrigeración; por lo que el control térmico lo realizan los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas.

Modelo de confort adaptativo: modelo que relaciona rangos de temperaturas interiores aceptables con parámetros climáticos exteriores.

Temperatura del aire, T_a : temperatura del aire que rodea al ocupante.

Temperatura media exterior, T_m : se utiliza para el modelo de confort adaptativo. Corresponde a la media aritmética entre la temperatura mínima media y la temperatura máxima media del mes en cuestión.

Temperatura Operativa, T_o : Para ciertos valores de humedad, velocidad del aire, metabolismo y vestimenta, se puede establecer una zona de confort que está definida por un rango de temperatura que provee de condiciones ambientales aceptables en términos de la combinación entre temperatura del aire y temperatura radiante media.

REFERENCIAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004), ANSI/ASHRAE 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

Szokolay, S. (2004), Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design. Amsterdam: Elsevier.

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004), ANSI/ASHRAE 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

D'Alencon, R. (2008), Acondicionamientos: arquitectura y técnica, Santiago, Ediciones ARQ.

ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Szokolay, S. (2004), Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design. Amsterdam: Elsevier.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°8
Confort Lumínico**

Documento que especifica los estándares y parámetros objetivos, junto con los procedimientos de verificación en diseño y obra (cuando se puedan ambos) de cumplimiento de valores mínimos de las prestaciones de los edificios o sus partes; entendidas dichas prestaciones como el conjunto de características cualitativas o cuantitativas del edificio, identificables objetivamente, que determinan su aptitud para cumplir las exigencias básicas.

Se definen y establecen algunos requerimientos mínimos para asegurar las condiciones de calidad y confort visual, generando las condiciones para obtener el confort lumínico, creando ambientes agradables para los usuarios.

El objetivo de su aplicación es obtener el máximo aprovechamiento de la luz natural disponible, conseguir una mayor eficiencia energética en las instalaciones de iluminación natural y lograr un ahorro en iluminación artificial.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m², donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Esta guía se aplica a edificios públicos de oficinas, educación, salud y seguridad.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.

Para obtener una buena iluminación interior, es primordial definir los niveles de iluminación requeridos para así satisfacer las necesidades visuales para cada tarea que se realiza. Cuando las personas son capaces de realizar sus tareas, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos con comodidad obtendremos el confort lumínico. Generando las condiciones de confort lumínico básicas, los usuarios de dichas instalaciones obtendrán una sensación de bienestar en beneficio de una mayor productividad.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

Para evaluar el confort lumínico o visual se definen los criterios que determinan el diseño de iluminación interior del ambiente, dada por la contribución de la luz natural y el diseño de la luz artificial que complementa. El objetivo es tener un diseño que favorezca la utilización de la luz natural como fuente principal de iluminación, una buena contribución de luz natural favorecerá un menor uso de la iluminación artificial y como consecuencia un ahorro energético.

La contribución de luz natural se evalúa a partir de los siguientes criterios:

- Niveles y distribución de iluminancia (lux) en el área de trabajo.
- Distribución de luminancia (cd/m^2) en el campo visual y evaluación de los posibles focos de deslumbramiento.

El diseño de la iluminación artificial debe responder a los siguientes criterios:

- Niveles y distribución de iluminancia de la luz artificial.
- Aspecto de color: rendimiento y apariencia.
- Evaluación de los focos de deslumbramiento de la luz artificial.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. CONFORT VISUAL: LUZ NATURAL

3.1.1. Niveles y distribución de iluminancia

Los niveles de iluminancia, tanto para la iluminación natural como artificial (punto 3.2) se evalúa en el área o plano donde se desarrolla la actividad o tarea, para lo cual se debe definir la iluminancia de objetivo de acuerdo a las diferentes tareas visuales.

Para la definición del área de análisis o plano de trabajo son importantes los siguientes criterios:

- Considerar un área específica cuando hay énfasis en un área o tarea. Se debe expresar claramente el área de desarrollo del trabajo en sí y las zonas circundantes que son aquellas zonas inmediatas a la tarea. En este caso podremos tener una grilla de cálculo ajustada al área de la tarea, por ejemplo una oficina pequeña.
- Considerar el espacio entero como área de análisis cuando no se conoce la ubicación exacta

de la actividad o tarea, tendremos una grilla de cálculo que considere la dimensión total del espacio. Ejemplo un edificio de oficina de plantas libres o sala de clases.

Los niveles de iluminancia (lux) de objetivo se fijan considerando los siguientes criterios:

- Los niveles de iluminancia mantenida no deben ser inferiores a 200 lux en los espacios o áreas de ocupación continua.
- Para un área de análisis con énfasis en la tarea, se debe definir el valor de iluminancia objetivo (lux) para la tarea y para las zonas circundantes a la tarea. De acuerdo a la TABLA 1, para la definición de los luxes de las zonas circundante considere la iluminancia inmediatamente inferior a la iluminancia definida para la tarea. Ejemplo, si la tarea visual indica una iluminancia de 500 lux la zona circundante debe ser iluminada con 300 lux.

Tabla 8.1: Escala de Iluminancia recomendada (lx)

20 – 30 – 50 – 75 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 - 5000
--

Fuente: EN 12464-1.

- Si los valores de iluminancia objetivo no se encuentran en la escala de iluminancia de la Tabla 8.1, a la iluminancia de objetivo se puede aplicar un factor de 1,5 menor, que representa la menor diferencia significativa para definir la iluminancia del área circundante.
- La definición de los valores de iluminancia de objetivo se especifica en la Tabla 8.2, según el nivel de exigencia visual requerido se establecen los valores mínimos de iluminancia para distintas tareas según IESNA (Illuminating Engineering Society of North America); esta escala permite fijar los valores mínimos aceptados.
- Para el caso del estudio de la contribución de luz natural, se establece que la iluminancia de objetivo se encuentre en un rango entre 200 lux y 3000 lux, sobre 3000 lux tendremos riesgo de tener incomodidad visual.

Tabla 8.2: Actividad y valores mínimos de luminancia recomendados

ILUMINANCIA MÍNIMA (LUX)	TIPO DE ACTIVIDAD ILUMINACIÓN
30	Circulación en superficies públicas mal encendidas
50	Orientación rápida para visitas de corta duración
100	Tareas visuales estrictamente ocasionales
300	Tareas con exigencias visuales simples
500	Tareas con exigencias visuales medias:
1500-2000	Tareas con elevadas exigencias visuales
3.000 a 10 000	Tareas muy meticulosas

Fuente: CITEC UBB.

3.1.2. Métricas de evaluación basadas en cálculo de iluminancia:

- **Factor de luz día o coeficiente de luz diurna.**

El Factor de luz día (FLD) es la relación entre la iluminancia horizontal interior (E_{int}) en un punto dado o plano de trabajo y la iluminancia horizontal en una superficie exterior (E_{ext}) sin obstáculos, medida en forma simultánea, expresa por la siguiente formula: $FLD = E_{int} / E_{ext} \times 100\%$.

Para la aplicación de este indicador en edificios en general se toma la clasificación desarrollada por Bülow-Hübe (2001), indicada en la Tabla 8.3. Este nos permite evaluar la contribución de luz en la situación más desfavorable, bajo cielo cubierto. Es importante mencionar que este indicador no considera variables climáticas ni la orientación de la edificación; por lo tanto es un análisis estático.

Tabla 8.3: Escala Factor de luz día

FLD	
< 1%	insuficiente para la mayoría de las tareas
= 2%	mínimo requerido
entre 2% - 5%	considerado como aceptable
entre 5% - 10 %	el espacio es esencialmente iluminado por luz natural
> 10%.	posibilidades de tener deslumbramiento

Fuente Bülow-Hübe 2001

Se considera que si el FLD es menor a 2%, se necesitará iluminación artificial para alcanzar el confort visual, y los niveles de iluminancia estarán bajo lo requerido. Sobre el 2% y bajo 5% tendremos un nivel de iluminación natural aceptable, aunque pudiese ser requerida la utilización de iluminación artificial para ciertas zonas del espacio analizado. Un rango bueno se encuentra entre

sobre FLD 5% y bajo 10%; valores que indican que el plano de trabajo se encuentra bien iluminado y no requiere iluminación artificial en el recinto.

VALORES LÍMITE	
Aceptable	FLD > 2% - < 5%.
Bueno	FLD ≥ 5% - ≤ 10%
Este indicador podrá ser aplicado sólo en aquellas zonas donde predomina el cielo cubierto sobre un 40 % de año, de acuerdo a Tabla 8.17.	

3.1.3. Porcentaje de área en iluminancia “en rango”

Este indicador muestra el porcentaje de superficie (área) de análisis que se encuentra en el rango de iluminancia definida como “adecuada” para las tareas visuales. Para determinar los aportes de luz natural a partir de iluminancia “en rango” se debe determinar como mínimo para tres momentos en el año: 21 de marzo/ septiembre (equinoccio), 21 de junio (solsticio de invierno) y 21 de diciembre (solsticio de verano); evaluándose como mínimo a las 9:00 am, 12:00 pm y 15:00 pm, para tener un panorama del comportamiento lumínico. A partir de los valores de iluminancia obtenidos, se debe determinar el porcentaje de superficie e iluminancia “en rango de objetivo”.

Este indicador debe ser aplicado en aquellas zonas donde predomina el cielo intermedio y despejado. De no contar con la información del tipo de cielo se requiere evaluar en dos escenarios: cielo cubierto como el escenario más desfavorable y cielo despejado como escenario que puede producir problemas de deslumbramiento.

VALORES LÍMITE
Los valores de iluminancia “en rango” se fijarán según criterios del proyectista teniendo como valor límite inferior 200 lux y máximo como límite superior 3000 lux. Variar este rango de acuerdo a las diferentes tareas visuales.
Para cada momento y hora de análisis deben estar dentro del rango de iluminancia definido la iluminancia mínima (E_{\min}), máxima (E_{\max}) y promedio (E_{med}) dentro del recinto.

3.1.4. Métricas de evaluación basadas en archivos climáticos:

El desarrollo de las bases de datos climáticas permite evaluar la iluminación a partir de las condiciones climáticas típicas de una localidad. El modelado de iluminación natural en base a datos de clima considera la calidad y cantidad de iluminación natural y disponibilidad solar a través del año. Las métricas desarrolladas y utilizadas en la medición del rendimiento dinámico de la luz día se basan en el intervalo de tiempo en que se alcanzan los niveles de referencia de iluminancia dentro de un edificio.

• **Autonomía de luz natural**

La contribución de luz natural esta determinado por las estrategias de iluminación natural aplicada. El indicador para evaluar es la autonomía de luz día (DA), definido como el porcentaje de tiempo en que el plano de trabajo esta por sobre la Iluminancia recomendada para el espacio o tarea visual. El objetivo es ahorrar energía maximizando el tiempo en que la luz artificial estará apagada. Este es un indicador que permite un cálculo dinámico ya que a través del archivo climático considera el clima y localidad donde se implanta el proyecto.

Se definen tres niveles de aplicación detallados en la Tabla 8.4.

Tabla 8.4: Niveles de aplicación de la autonomía de luz día

DA	POTENCIAL DE AHORRO	VALORES LÍMITE
< 50%	BAJO	NO CUMPLE
≥ 50 - <80%	MEDIO	ACEPTABLE
≥ 80%	ALTO	BUENO

Fuente: Rensselaer Polytechnic Institute, 2010.

• **Autonomía de luz natural del Espacio (Spatial Daylight Autonomy- sDA)**

Permite evaluar la contribución de luz natural en el espacio a través del año. Se considera una autonomía de 300 lux en el espacio el 50% del año completo de uso del edificio (sDA 300/50%), porcentaje de tiempo en que el espacio o plano de trabajo está por sobre la Iluminancia recomendada para el espacio o tarea visual. Para este indicador se recomiendan los valores indicados en la Tabla 8.5. Este es un indicador dinámico, considera el clima y localidad donde se implanta el proyecto, se basa en archivos climáticos anuales incorporados en los software de análisis, ver Tabla 8.19.

Tabla 8.5: Valores de DA mínimos exigidos para escuelas, oficinas y hospitales.

TIPO DE EDIFICIO	HORAS OCUPADAS	EMIN	DA	% SUPERFICIE
Escuelas y Oficinas	8am a 6pm	300 lx	> 50%	>55% (bueno) >75% (muy bueno)
Hospitales	8am a 6pm	300 lx	> 50%	>75% (bueno) >90% (muy bueno)

Fuente: Illumina 2014

El objetivo es ahorrar energía maximizando el tiempo en que la luz artificial estará apagada.

VALORES LÍMITE	
Aceptable	≥ 80% del año el espacio está sobre la iluminancia recomendada (alto potencial de ahorro)
Bueno	> 50 - < 80% del año el espacio está sobre la iluminancia recomendada (mediano potencial de ahorro)

- **Iluminancia útil (Useful Daylighting Illuminance)**

La iluminancia útil o Useful Daylighting Illuminance (UDI) integra al análisis de iluminación natural los posibles puntos del plano de trabajo que tendrán demasiada o poca luz natural, definiendo la serie de niveles de iluminancias “útiles” para los ocupantes. Se determina a través de software especializados como indica la Tabla 8.19.

De acuerdo a las consideraciones mencionadas en el punto 3.1.1 se considera como iluminancia útil un rango entre 200 - 3000 lux

VALORES LÍMITE	
Aceptable	: ≥ 80% del año UDI 200 - 3000 lux
Bueno	> 50 - < 80% del año UDI 200 - 3000 lux (mínimo)

3.1.5. Distribución de luminancias para luz natural

Se debe evaluar la distribución de luminancias en el campo de visión tanto de la luz natural como de la luz artificial. Se busca evitar fuentes de luces en el campo visual que puedan causar incomodidad.

La luminancia es la luz reflejada en dirección del observador (medida en cd/m^2). Está limitada por el contraste entre el objeto y el fondo sobre el que se ve, como también por el tamaño del citado objeto.

La luminancia en el campo visual, en la escena con luz natural se puede determinar utilizando las imágenes de alto rango dinámico (High Dynamic Range Images - HDR) o a través del cálculo de las probabilidad de deslumbramiento (Daylighting Glare Probability - DGP).

- **Luminancia en el campo visual**

Para cumplir con los niveles que aseguren una adaptación visual adecuada, es importante considerar las relaciones de luminancia que se establecen entre la tarea visual y el plano de fondo

contra el que se enfoca. Los valores de luminancia aceptados se expresan en la Tabla 8.6 y 8.7.

Tabla 8.6: Relación de luminancia entre tarea y el fondo

Tarea y alrededores inmediatos	3 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Entre fuente luminosa y entorno	20 a 1
Máximo contraste	40 a 1

Fuente: CTE HE3

Tabla 8.7: Limite de luminancia para las diferentes tareas visuales.

LUMINANCIAS ABSOLUTAS	
> 2000 cd/m ²	Muy brillante para cualquier lugar de la habitación
> 1000 cd/m ²	Brillante para el campo visual
< 500 cd/m ²	Aconsejable
< 30 cd/m ²	Inaceptable – muy oscuro

Fuente: ILUMINA 2014

VALORES LÍMITE
Luminancia de las superficies de muro de la escena de luz o en el campo visual, deben preferirse valores comprendidos entre 100 - 300 (cd/m²). No ser menores que 30 (cd/m²) ni mayores a 500 cd/m².

- **Deslumbramiento luz natural: Daylighting Glare Probability (DGP)**

El índice Daylighting Glare Probability (DGP) (rating de probabilidades de deslumbramiento de la luz día) es la probabilidad de que una persona tenga incomodidad visual por el brillo de la luz día. Depende de la posición del observador, la iluminancia vertical en el campo visual, el brillo de la luminancia de la fuente, el ángulo sólido del brillo e índice de posición de la fuente de encandilamiento.

Se determina a través de software (ver Tabla 8.19) o análisis de imágenes HDR en una escena de luz en una posición específica.

VALORES LÍMITE	
Aceptable	DGP > 0.35 % y ≤ 40 % es considerado imperceptible y perceptible, respectivamente.
Bueno	DGP ≤ 0.35 % no hay riesgo de deslumbramiento (mínimo).

3.2. CONFORT VISUAL: INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN (LUZ ARTIFICIAL)

3.2.1. Iluminancia mantenida

Iluminancia mantenida (m), valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada. En la definición de las áreas de estudio y análisis se debe utilizar los criterios definidos en el punto 3.1.1.

El proyecto de iluminación artificial debe contar con un 100% de las áreas con los valores de iluminancia mantenida especificadas para cada recinto en las tablas 8.8-8.9-8.10-8.11.

3.2.2. Uniformidad media

La uniformidad media es la relación entre la iluminancia del área de trabajo y la iluminancia del espacio circundante. Se establece que el área de trabajo debe ser iluminada tan uniforme como sea posible y sus valores de uniformidad no deben ser menores a los establecidos. Uniformidad media área circundante inmediata $\geq 0,5$

VALORES LÍMITE	
Aceptable	Uniformidad media área de trabajo $\geq 0,7$
Bueno	Uniformidad media área de trabajo $\geq 0,5$ (mínimo)

3.2.3. Deslumbramiento (UGR) de las luminarias

Se evaluará el índice del deslumbramiento procedente de las luminarias de una instalación de alumbrado interior. Se utiliza el Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR) de la Comisión Internacional de iluminación (CIE).

El valor de UGR oscila entre 10 y 30, de forma que un valor elevado indica un gran deslumbramiento.

VALORES LÍMITE
El valor de UGR no excederá del valor dado en las tablas correspondientes para cada tipo de edificio (ver tabla 8.8 - 8.9 - 8.10 - 8.11)

3.2.4. Rendimiento cromático (IRC) de las fuentes lumínicas

Es importante para las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar, que los colores del entorno, de objetos y de la piel humana sean reproducidos de forma natural, correctamente y

de tal modo que haga que las personas parezcan atractivas y saludables.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento en color de una fuente luminosa, se ha definido el Índice de Rendimiento en Color (IRC). Se obtiene como una nota de examen; esta nota es el resultado sobre la comparación de 8 ó 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme nos vamos alejando de 100, podemos esperar una menor definición sobre todos los colores. El índice de rendimiento de color se muestra en la Tabla 8.8.

Tabla 8.8: Índice de rendimiento color

IRC	
IRC < 60	Pobre
60 < IRC < 80	Bueno
80 < IRC < 90	Muy Bueno
IRC >90	Excelente

Fuente: EN 12464-1

Las lámparas con un índice de rendimiento en color menor de 80, no deberán ser usadas en recintos interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos períodos de tiempo.

En relación a las propiedades de color, son las recomendadas en todo tipo de oficinas las fuentes de luz con un índice de reproducción cromática superior a 80. La temperatura de color deberá elegirse según el proyecto.

VALORES LÍMITE
El valor de IRC no excederá del valor dado en las tablas 8.8 - 8.9 - 8.10 - 8.11 correspondientes para cada tipo espacio

3.2.5. APARIENCIA DEL COLOR

La “apariencia del color” de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. Es cuantificada por su temperatura del color correlacionada. La apariencia del color puede también ser descrita de acuerdo a la Tabla 8.9.

Tabla 8.9: Grupos de Apariencia del color de lámparas

APARIENCIA DE COLOR	TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA TCP
Cálida	Inferior a 3300°K
Intermedia	3300°K a 5300°K
Fría	Superior a 5300°K

Fuente: Manual de Luminotecnia IndaLux 2002

La elección de apariencia del color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminación, colores de la sala y muebles, clima circundante y la aplicación. En climas cálidos generalmente se prefiere una apariencia de color de luz más fría, mientras que en climas fríos se prefiere una apariencia de color de luz más cálida.

3.3. VALORES LÍMITE

Tabla 8.10: Valores límites edificios de oficina

EDIFICIOS DE OFICINAS			
Recintos	E_m (lux)	UGR _L	IRC
Oficinas	300 - 500	19	80
Archivo, copias, etc.	300	19	80
Áreas de circulación y pasillos	100	28	40
Escaleras, ascensores, plataformas	150	25	40
Escritura, escritura a máquina y tratamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	16	80
Puestos de trabajo de CAD	500	19	80
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
Mostrador de recepción	300	22	80

Fuente: EN 12464-1

Tabla 8.11: Valores límites edificios de seguridad

EDIFICIOS DE SEGURIDAD			
Recintos	E_m (lx)	UGR _L	IRC
Oficinas	300 - 500	19	80
Oficinas administrativas	500	NA	NA
Cocina	500	22	80
Servicios y cuartos de baño	200	22	80
Celdas	200	NA	NA
Talleres	300	19	80

Fuente: CITEC UBB

Tabla 8.12: Valores límites establecimientos educacionales

EDIFICIOS EDUCACIONALES			
Recintos	E_m (lx)	UGR _L	IRC
Jardines de infancia, guarderías:			
Sala de juegos	300	19	80
Guardería	300	19	80
Sala de manualidades	300	19	80
Aula de enseñanza: General, trabajos manuales, etc			
General	300	19	80
Pizarra (plano vertical)*	500	19	80

Aula de informática:			
General	500	19	80
Pizarra (plano vertical)*	300	19	80
Aula de dibujo:			
General	750	16	80
Pizarra (plano vertical) *	300		
Aula taller:			
Trabajo basto	300	19	80
Trabajo fino	500	19	80
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80
Escalera	150	25	80
Hall de entrada	200	22	80
Biblioteca:			
Ambiental	200	19	80
Zona lectura	500	19	80
Estantería de libros (pl. vertical)	200	19	80
Sala de profesores	300	19	80
Salón de actos:			
General	200	NA	NA
Escenario	700		
Gimnasio / polideportivo	300	22	80
Sala de profesores	300	19	80
Oficinas administrativas	500	NA	NA
Vestíbulos / pasillos	150	25	80
Bodegas	100	25	80

* Evitar reflexiones especulares en la pizarra.

Fuente: EN 12464-1

Tabla 8.13: Valores límites edificios de salud.

EDIFICIOS DE SALUD			
Recintos	E_m (lx)	UGR_L	IRC
Salas de espera	200	22	80
Pasillos, durante el día	200	22	80
Pasillos: durante la noche	50	22	80
Zona de la cama:			
Iluminación general	100	19	80
Iluminación de lectura	300	19	80
Iluminación de reconocimiento	800-1000	19	90
Servicios	200	22	80
Salas de tratamiento y reconocimiento en general			
Iluminación general	500	19	90

Luz de reconocimiento	>1000	19	90
Sala de Scanner			
Iluminación general	300	19	80
Examen y tratamiento	50	19	80
Salas de uso general			
Oficinas personal	500	19	80
Sala de espera, personal y pasillo	200	22	80
Pasillo durante la noche	50	22	80
Sala de Parto			
Iluminación general	300	19	80
Examen y tratamiento	1000	19	80

Fuente: EN 12464-1 2002

3.4. CRITERIOS DE ANÁLISIS

En diseño y dimensionamiento, tanto para las estrategias de iluminación natural y sistemas de iluminación artificial para todos los edificios públicos, se sugiere tener presente las siguientes consideraciones:

- 1) La luz solar es deseable para la iluminación en general, fundamentalmente en climas moderados, pero debe evitarse o controlarse convenientemente en áreas de trabajo.
- 2) La luz natural en un edificio establece un límite a la profundidad del mismo, para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. La luz que incide en el plano horizontal de trabajo decrece rápidamente con la distancia desde las ventanas. El límite de profundidad es 1,5 veces la altura de la ventana. Esta limitación puede contrarrestarse con el uso de ventanas altas, relacionado a espacios altos, que permitan que la luz alcance mayor profundidad.
- 3) Es conveniente que la luminancia del techo sea más elevada para conseguir una impresión global confortable, con el fin de reducir el contraste (punto 3.1.2).
- 4) Las ventanas laterales que puedan originar encandilamiento por luminancias muy altas, necesitan que de una estrategia de iluminación que evite el desequilibrio ya sea por una iluminación bilateral o luz cenital de apoyo. En caso de no ser posible, el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural debe ser incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las ventanas. Podríamos evitar dicho deslumbramiento mediante la utilización de cristales tintados de baja transmitancia lumínica, utilización de persianas o cortinas claras.
- 5) Es importante conocer el coeficiente de reflexión considerado para el diseño de las superficies de trabajo. En la Tabla 8.14 se entregan valores límites para las distintas superficies según el tipo de edificio, aplicable a las principales zonas del edificio. Complementariamente se entregan en la tabla 8.15 valores de referencia del coeficiente de reflexión de distintas terminaciones interiores, por su color y materialidad.

Tabla 8.14: Valores límites de reflectancias de las superficies interiores

COEFICIENTE DE REFLEXIÓN R [%]				
SUPERFICIE	EDIFICIOS DE OFICINAS	EDIFICIOS EDUCACIONALES	EDIFICIOS DE SALUD	EDIFICIOS DE SEGURIDAD
Cielos interiores	> 0,7	> 0,7	> 0,75	> 0,7
Paredes :				0,5 - 0,7
*sobre los 2m	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,6 - 0,8	N/A
*bajo los 2m	0,5	0,5	0,5	N/A
Divisiones	0,4 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,4 - 0,7
Suelos	0,2 - 0,4	0,2 - 0,5	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4
Muebles	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5	0,4 - 0,6	N/A
Cortinas/persianas	0,4 - 0,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	N/A
Pizarra oscura	N/A	0,05 - 0,20	N/A	N/A
Pizarra clara	N/A	0,50 - 0,70	N/A	N/A

Fuente: The Society Of Light And Lighting 2002

Tabla 8.15: Valores de Reflectancias: referencia de colores y materiales

COLORES	REFLECTANCIA r [%]	MATERIALES	REFLECTANCIA r [%]
Blanco	0,70 – 0,85	Mortero	0,15 – 0,20
Amarillo	0,50 – 0,75	Pintura blanca nueva	0,65 – 0,75
Azul	0,40 – 0,55	Hormigón	0,25 – 0,50
Verde	0,45 – 0,65	Ladrillo claro	0,45 – 0,50
Rojo	0,30 – 0,50	Ladrillo oscuro	0,30 – 0,40
Granito	0,15 – 0,25	Mármol blanco	0,60 – 0,70
Marrón	0,30 – 0,40	Madera	0,25 – 0,50
Gris oscuro	0,10 – 0,20	Espejos	0,80 – 0,90
Negro	0,03 – 0,07	Acero pulido	0,50 – 0,65
		Vidrio reflectante	0,20 – 0,30
		Vidrio transparente	0,07 – 0,08

Fuente: CITEC UBB

- 6) La contribución de luz natural está determinado por las estrategias de iluminación natural aplicadas, y dependen del área neta de superficie vidriada, coeficiente de transmisión luminosa de los vidrios, presencia de elementos de control y protección solar. Es importante especificar el coeficiente de transmisión luminosa de los vidrios del edificio.

En la tabla 16 se entregan algunos coeficientes de transmitancia luminosa de diferentes tipos de cristales.

Tabla 8. 16: Tipo de vidrios y valores de referencia para la elección de los cristales.

GRUPO	TIPO	ESPESOR VIDRIO (MM)	ESPESOR CÁMARA AIRE (MM)	COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN LUMINOSA
Simple	Claro	3	-	0,90
		4	-	0,89
		6	-	0,89
Doble	Claro - Claro	4	6	0,79
		4	12	0,79
		4	18	0,79
		6	6	0,88
Doble reflectante	Claro	6	12	0,55
	Plata	6	12	0,30
	Verde	6	12	0,23
	Verde oscuro	6	12	0,20
	Azul	6	12	0,16
Doble baja emisividad	Claro	4	6	0,77
		4	12	0,77
		4	18	0,77
		6	6	0,67
	Reflectante	4	6	0,75
		4	12	0,75

Fuente: IDAE 2005

- 7) La visión al exterior, desde el punto de vista psicológico, proporciona bienestar y permite el contacto con el mundo exterior: debemos asegurar una visión al exterior en las áreas de trabajo continuo.

Para edificios de salud, se sugiere considerar en el diseño de iluminación los siguientes puntos:

- 1) Los pacientes de los hospitales pasan la mayor parte de su tiempo en sus unidades o habitaciones de hospitalización. Así, el aspecto estético y el psicológico de éstas tienen mucha importancia. La recuperación es más rápida cuando este entorno es más agradable y confortable.
- 2) Las habitaciones también son espacios de trabajo para el personal que permanece en el, y necesitan de equipos técnicos que deben estar integrados en la instalación, y los parámetros de iluminación adecuados para desarrollar su trabajo. El diseño debe evitar sombras, garantizar especialmente que el personal médico no pierda detalle visual.
- 3) Se requiere un nivel alto de reproducción cromática de las fuentes de luz (se aplica para luz artificial).
- 4) Se debe prestar especial atención a la luminancia del techo, debido a que los pacientes miran normalmente a él. Es importante evitar la presencia de objetos brillantes en el campo de visión de los enfermos.

- 5) Como límite, el paciente no debe estar expuesto a luminancias mayores a 750 (cd/m²). Se recomienda que las luminancias de las paredes y techo sean menores a 30 (cd/m²) en el caso de pacientes hospitalizados.
- 6) El medio hospitalario de por sí, exige colores claros y cálidos, con el objeto de elevar el ánimo de los pacientes y de sus familiares, facilitar la labor del personal sanitario, y facilitar la limpieza y la higiene.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. CÁLCULO DE LOS NIVELES DE ILUMINANCIA

- 1) Zonificación del proyecto: zonificar el proyecto en relación los requerimientos de iluminación de acuerdo a las tareas antes descritas, definir tarea y valores de iluminancia de objetivo (lux). Declarar los recintos principales a estudiar.
- 2) Para cada recinto o zona de estudio el área de análisis considerando lo especificado en el punto 3.1.1.
- 3) Las mediciones de iluminancia se deben realizar en el plano horizontal ubicado a 85 cm del nivel de piso terminado y/o en el plano vertical, según se requiera. El número mínimo de puntos a considerar para las mediciones y evaluaciones de cada plano de análisis, estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrículado simétrico, definiéndose la grilla de cálculo. Su determinación se realizará de acuerdo a la fórmula expresada y el número de puntos mínimo que se detallan en la tabla 8.17.

El cálculo del índice del local es función de:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$$

Donde:

L = Longitud del local

A = Ancho del local

H = Distancia del plano de trabajo a las luminarias

Tabla 8.17: Número de puntos para el cálculo de iluminancias

ÍNDICE DEL LOCAL	Nº DE PUNTOS
K < 1	4
K ≥ 1 y < 2	9
K ≥ 2 y < 3	16
K ≥ 3	25

Fuente: Código Técnico Español (CTE) HE 3

- 4) El cálculo se realizará por medio de software validados (Tabla 8.19) y la elección del método de análisis se basa en los siguientes criterios:
- El factor de luz día se utilizará como indicador sólo para aquellas zonas donde el cielo predominante sea cubierto o nublado como indica en la tabla de frecuencia de los cielos (ver Tabla 8.18). Se deberá incluir en el análisis el cálculo de indicador factor de luz día (FLD) para el cielo cubierto, realizado a partir de la grilla definida.

Cuadro 8.1: Cuadro tipo de Factor de luz día

EXIGENCIA	RECINTO	FACTOR LUZ DÍA			
		FLD			
		Límite (%)	FLD mínimo	FLD máximo	FLD promedio
Porcentaje de luz natural con cielo cubierto sobre el plano de trabajo	Nº o nombre	>2- < 5 %	%	%	%
Diagrama en planta del recinto con FLD					

Fuente: CITEC UBB

Para todos los otros casos se debe realizar un análisis para los dos cielos predominantes de las distintas ciudades de la Tabla 18. Se deberá evaluar para tres períodos del año, sugeridos en el punto 3. Los resultados de análisis deberán ser representados a través de un diagrama de curva isolux y expresados en tabla sugerida en el Cuadro 8.2.

Cuadro 8.2: Cuadro tipo de resultados de iluminancia “en rango”

RECINTO	Nº o nombre								
CIELO	Tipo de cielo								
PERÍODOS	21 de marzo /sept			21 de junio			21 de diciembre		
HORAS	xxam	12pm	xxpm	xxam	12pm	xxpm	xxam	12pm	xxpm
Em (lx)									
Em tarea									
Emin (lx)									
Emax (lx)									
Uniformidad									
Unif. límite									

Fuente: CITEC UBB

- Se puede optar por un análisis de iluminancia dinámico basado en archivo climático, pudiendo utilizar cualquiera de los dos métodos expuestos.

Cuadro 8.3: Cuadro tipo de resultados de iluminancia luz natural útil

Exigencia	Recinto	Iluminancia luz natural útil (UDI)	
		UDI 200-3000 (lux)	
		%	Límite (%)
Porcentaje de tiempo con Iluminancia de objetivo sobre plano de trabajo	Nº o nombre		

Fuente: CITEC UBB

Tabla 8.18: Frecuencia de tipos de cielo estándar para algunos cielos de Chile.

CIUDAD	Tipos de cielo	Frecuencia de tipos de cielo estándar (%)												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
IQUIQUE	Despejado	44%	60%	65%	40%	28%	26%	23%	19%	26%	31%	46%	61%	39%
	Intermedio	42%	35%	25%	40%	37%	32%	31%	32%	34%	36%	33%	30%	34%
	Cubierto	14%	6%	10%	20%	36%	43%	45%	49%	41%	33%	22%	9%	27%
ANTOFAGASTA	Despejado	58%	70%	67%	66%	53%	45%	47%	54%	50%	48%	48%	53%	55%
	Intermedio	30%	23%	25%	25%	28%	30%	29%	26%	32%	29%	31%	30%	28%
	Cubierto	12%	7%	8%	9%	20%	25%	24%	20%	19%	23%	21%	18%	17%
CALAMA	Despejado	70%	74%	70%	76%	64%	67%	65%	65%	87%	70%	82%	85%	73%
	Intermedio	19%	15%	19%	17%	17%	15%	19%	25%	10%	12%	10%	13%	16%
	Cubierto	11%	11%	11%	7%	18%	18%	16%	10%	3%	17%	8%	2%	11%
LA SERENA	Despejado	26%	25%	26%	24%	22%	20%	28%	31%	25%	29%	25%	29%	26%
	Intermedio	25%	35%	37%	35%	34%	37%	44%	36%	39%	36%	36%	33%	36%
	Cubierto	48%	41%	37%	41%	43%	43%	27%	33%	36%	35%	40%	38%	39%
SANTIAGO	Despejado	64%	62%	53%	39%	28%	24%	20%	29%	28%	37%	59%	54%	41%
	Intermedio	22%	25%	27%	27%	26%	27%	32%	31%	40%	26%	27%	33%	29%
	Cubierto	15%	13%	20%	33%	46%	49%	48%	40%	31%	37%	14%	13%	30%

CONCEPCIÓN	Despejado	56%	58%	45%	32%	18%	13%	17%	20%	33%	40%	41%	53%	35%
	Intermedio	29%	23%	29%	39%	27%	32%	32%	43%	34%	29%	35%	31%	32%
	Cubierto	14%	19%	25%	29%	55%	55%	51%	38%	34%	31%	23%	16%	32%
TEMUCO	Despejado	52%	43%	37%	29%	19%	12%	14%	22%	15%	26%	27%	31%	27%
	Intermedio	22%	34%	37%	27%	20%	27%	27%	34%	41%	33%	36%	37%	31%
	Cubierto	26%	23%	26%	44%	61%	61%	59%	44%	43%	41%	37%	32%	41%
PUERTO MONTT	Despejado	31%	30%	27%	26%	22%	10%	16%	15%	23%	23%	19%	22%	22%
	Intermedio	42%	42%	32%	27%	20%	31%	25%	39%	29%	28%	32%	42%	32%
	Cubierto	27%	28%	41%	47%	58%	59%	58%	46%	49%	49%	49%	36%	46%
COYHAUQUE	Despejado	38%	38%	34%	28%	20%	24%	26%	30%	40%	36%	38%	41%	33%
	Intermedio	32%	34%	33%	32%	26%	32%	34%	32%	29%	36%	27%	28%	31%
	Cubierto	30%	28%	33%	40%	54%	43%	40%	38%	31%	28%	35%	31%	36%
PUNTA ARENAS	Despejado	27%	24%	25%	18%	18%	28%	31%	36%	33%	39%	34%	22%	28%
	Intermedio	49%	43%	40%	48%	50%	35%	40%	39%	41%	41%	41%	51%	43%
	Cubierto	24%	34%	34%	34%	33%	36%	29%	25%	26%	21%	24%	27%	29%

4.2. CÁLCULO DEL DESLUMBRAMIENTO

Para el cálculo del deslumbramiento DGP se determinan por medio de software especializados, expresados en la Tabla 8.19. El Daylighting Glare Probability (DGP), este se determina de acuerdo a la ecuación:

$$DGP = 5,87 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 9,18 \cdot 10^{-2} \cdot \log\left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \cdot \omega_{s,i}}{E_v^{1,87} \cdot P_i^2}\right) + 0,16 \quad (1)$$

Donde:

- E_v iluminancia vertical en el ojo;
- $L_{s,i}$ luminancia de la fuente "i";
- $\omega_{s,i}$ ángulo sólido de la fuente "i";
- P^2 posición del observador

4.3. CÁLCULO ILUMINANCIA LUZ ARTIFICIAL

Se utiliza los mismos criterios definidos en el punto 4.1.1 para la definición del recinto y grilla de análisis.

Cuadro 8.4: Resultado de valores de iluminancia (luz artificial)

EXIGENCIA	RECINTO	ILUMINANCIA MANTENIDA PLANO DE TRABAJO				UNIFORMIDAD		TIPO DE LÁMPARA		
		E límite ^m	E [lx] ^m	E ^m [lx] ⁿ	E _{max} [lx]	Uniformidad Límite	Uniformidad	Tipo	IRC	Tcp (K)
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural	Nº ó nombre	300				0,5				

Fuente: CITEC UBB

4.4. UNIFORMIDAD DE LA ILUMINACIÓN

Las uniformidades horizontales y/o verticales serán función de los valores de iluminancia media y mínima, obtenidas de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical para las diferentes zonas de análisis. La relación de uniformidades a utilizar para valorar de cada plano de cálculo será en base a:

$$\text{Uniformidad media (Um)} = \text{Iluminancia mínima (Emin)} / \text{Iluminancia media (Em)}$$

$$Um = Emin / Em$$

Su verificación se aplica para los períodos y momentos del día definidos en el cálculo de iluminancias. Sus valores se adjuntarán a la tabla sugerida en el Cuadro 8.3.

4.5. CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIES INTERIORES Y CRISTALES

Se debe detallar a través de la caracterización de las superficies interiores, tipo de terminación de muros, cielo falso y suelo. Además es importante conocer el coeficiente de transmisión luminosa de los cristales.

Cuadro 8.5: Características de los recintos y de las ventanas

LOCAL				CARACTERÍSTICAS VENTANAS			
Recinto	Dimensiones del local en metros			Superficie en m ²		Porcentaje área ventana superficie recinto	Transmisión luminosa del vidrio TL o VT
	L	A	H	A	AW		
	Longitud	Anchura	Altura	Envolvente	Sólo vidrio		

Fuente: CITEC UBB

Cuadro 8.6: Característica de las superficies de cada zona o área de proyecto.

SUPERFICIES	MATERIALIDAD	COLOR	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN R [%]
Plano de trabajo			
Paredes (1)			
Paredes (2)			
Paredes (3)			
Paredes (4)			

Fuente: CITEC UBB

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

Se describen los procedimientos cuya utilización acredite el cumplimiento de las exigencias básicas en fase diseño. Para la aplicación de las exigencias básicas se establece un procedimiento de verificación de los requerimientos expuestos en la sección 3.1. Para el cálculo, evaluación y aplicación de estos requerimientos se definen:

5.1.1. Antecedentes previos

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- 1) Proyecto de arquitectura del edificio. Antecedentes necesarios para deducir la geométrica del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.

- 2) Antecedentes de los sistemas de iluminación natural y/o luz artificial como:
- i) Particularización del destino del edificio y sus recintos, según sus funciones y programa de ocupación.
 - ii) Zonificación del edificio: áreas de uso continuo y no continuo, especificación de la tarea visual a realizar e iluminancia requerida para cada una de ellas.
 - iii) Definición arquitectónica del edificio; sus fachadas, ventanas presentes en ellas, sus dimensiones, ubicación y orientaciones. Tipo de vidrio (coeficiente de transmisión luminosa, TL o VT) ; de acuerdo a la tabla de referencia especificada en el Cuadro 8.5.
 - iv) Características de las superficies del recinto: reflectancias de los paramentos que configuran el espacio (paredes, techo y suelo), color y materialidad; de acuerdo a la tabla de referencia especificada en el Cuadro 8.6.
 - v) Disposición y organización del mobiliario previsto.
 - vi) Determinación de los puntos de análisis: el índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil);

5.1.2. Procedimientos

El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en la sección 3.1.

- 1) Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados para cada recinto:
- i) Valores de FLD y/o Iluminancia “en rango” o Cálculo dinámico de la luz natural DA, UDI o sDA
 - ii) Características de las principales superficie: coeficiente de reflexión terminaciones interiores y coeficiente de transmisión luminosa de los cristales.
 - iii) Luz artificial: iluminancia media horizontal mantenida E_m y uniformidad en el plano de trabajo;

El análisis de índice de deslumbramiento DGP y UGR se aplica a edificios de oficina y establecimientos educacionales.

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias, se podrá utilizar el método de cálculo directo que define el capítulo 4 ó un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados expresados en la Tabla 8.19.

Tabla 8.19: Software de simulación para iluminación natural y artificial

	Motor de cálculo	Geometría	Costo	modelo 3D	importación 3D	Indicadores						Luz artificial	
		Superficies				Illum	Lum	FLD	DGP	DA	UDI		
DIAL+	Split flux formula	Simple	\$										
		Difusa											
Ecotect	Split flux formula	Simple	\$.dxf, .3ds,								•
		Difusa											
Dialux	Radiosity	Complex	free		.dxf, .dwg	•	•	•					•
		Difusa											
ReluxPro	Radiosity	Complex	free		.dxf, .dwg	•	•	•					•
		Difusa											
Velux	Photon-mapping	Complex	free		.skp, .dxf, .dwg, .obj	•	•	•					
VDL		Difusa,especular											
3DSmax	Radiosity	Complex	\$.skp, .dxf, .dwg, .obj	•	•	•					•
	+ Raytracing	Difusa,especular											
R a d i - a n c e	Raytracing	Complex	free		< ecotect	•	•	•	•				•
	(+ Photon-mapping)	All types			< sketchup								
Daysim	< Radiance motor	Complex	free		< ecotect	•		•	•	•	•		(•)
		All types			< sketchup								
Diva	< Radiance motor	Complex	\$		< rhino	•	•	•	•	•	•		(•)
		All types											

Fuente: ILUMINA 2015

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

En la fase de obra y para propósitos de recepción se deberá, según se trate:

- 1) Comprobar que las ventanas dispuestas en las fachadas sean del tipo y clase especificados en el proyecto.
- 2) Comprobar que los sistemas y dispositivos dispuestos para la iluminación natural sean del tipo y dimensiones especificadas y que sus desempeños lumínicos documentados, sean suficientes o apropiados a las necesidades del proyecto.
- 3) Verificar en obra los valores de iluminancia con un luxómetro en los recintos evaluados en la etapa de proyecto.
- 4) Comprobar que los recintos tengan las características especificadas en cuanto a color y materialidad.
- 5) Verificar que la transmitancia lumínica de los vidrios corresponda a la especificada.
- 6) Opcional: verificar en obra la luminancia de las superficies con un medidor de luminancia, especialmente en edificios con lugares de trabajo o escuelas.

GLOSARIO:

Brillo: Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Se corresponde con la luminancia.

Campo visual: Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

Confort visual: Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual.

Contraste: Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual. Usualmente se cuantifica como: $(L_2+L_1)/L_1$ donde la luminancia dominante de fondo corresponde a L_1 y luminancia del objeto a L_2 .

Curva isolux: Lugar geométrico de los puntos de una superficie donde el valor de la iluminancia es idéntico.

Deslumbramiento: La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.

Entorno visual: Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Iluminancia: Flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.

$E = \phi / A$ Unidad: lux, lx.

Iluminancia mantenida (\bar{E}_m): Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada. Unidad: lux (lx).

Índice de Reproducción cromática: Grado con el cual los colores de objetos iluminados con esa fuente están conformes a los observados al iluminar con iluminantes de referencia, IRC o Ra.

Luminancia: Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie. Unidad: cd/m^2 . Símbolo: L

Reflectancias: Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido:

$\rho = \phi_{\text{refl}} / \phi_{\text{recib}}$

Rendimiento de color: Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón. Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color relativamente a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón. Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el Índice de Rendimiento del Color. Un buen rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color alto; un mal rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color bajo.

Temperatura de color (de una fuente): Temperatura del cuerpo negro en la que éste emite luz con la misma apariencia cromática que la fuente de luz considerada. Unidad: Kelvin, K. Temperaturas de color de 4000 K o superiores pertenecen a luz blanca y fría; temperaturas de color de menos de 3000 K tienen apariencia cálida.

Plano de trabajo: Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente para oficinas y similar se considera 0.85 metros.



Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios

GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°9
Confort Acústico

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica Confort Acústico en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento básico es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m², donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Quedan excluidos los edificios de uso residencial, los que para los efectos de confort acústico están sujetos a lo establecido en el Artículo 4.1.6 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

En adición a lo anterior, se excluyen los edificios utilizados como recintos deportivos, de pública concurrencia, destinados a espectáculos (música, teatro, cine) auditorios y salas de conferencia con volumen superior a 350 m³.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los edificios dispondrán de estrategias de diseño para que sus recintos cuenten con la adecuada aislación acústica al ruido proveniente del exterior, de otras unidades dentro del edificio y de las instalaciones mecánicas, en adición al control de la reverberación al interior de los recintos y emisión sonora de las instalaciones.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS

Los parámetros que definen el confort acústico se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de elementos particulares:

a) Aislación Acústica a Ruido Aéreo (dB)

- Índice de Reducción Acústica Aparente, $R_w + C$.
- Diferencia de Niveles Estandarizada, $D_{nT,w} + C_{tr}$, $D_{is'2m,nT,w} + C_{tr}$ o $D_{tr,2m,nT,w} + C_{tr}$.

b) Aislación acústica a Ruido Impacto (dB)

- Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado Aparente, $L_{n,W}$.

c) Reverberación (s)

- Tiempo de Reverberación, T.

d) Inteligibilidad de la Palabra (s/d)

- Speech Transmission Index, STI.

e) Ruido Emitido por Instalaciones Eléctricas, Mecánicas y Sanitarias (dBA)

- Nivel de Presión Acústica Continua Equivalente, $L_{Aeq,T}$.
- Nivel de Presión Acústica Máximo, $L_{A,max}$.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. VALORES LÍMITE

a) Aislación Acústica a Ruido Aéreo (dB)

El aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo será exigido para los siguientes elementos constructivos, cuyos valores en función del tipo de recinto se muestran en la Tabla 9.1:

- Elementos de separación vertical entre recintos habitables (entre oficinas, entre salas de clases, entre habitaciones).
- Elementos de separación vertical entre recintos habitables y áreas comunes (entre oficinas y pasillo, entre salas de clase y pasillo, entre habitaciones y pasillo).
- Elementos de separación vertical entre recintos habitables y salas de equipamiento, tales como salas de máquina, generación eléctrica, salas de música, talleres y gimnasios, entre otros.
- Elementos de separación horizontal considerando recinto receptor de carácter habitable y áreas comunes; se excluye exigencia a recintos receptores destinados a equipamiento.

Tabla 9.1: Aislación acústica a ruido aéreo mínima.

RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR				
	Oficinas (dBA)	Salas de clase (dBA)	Habitaciones (dBA)	Áreas comunes (dBA)	Equipamiento (dBA)
Oficinas	35	50	35	35	50
Salas de clase	50	50	50	50	50
Habitaciones	50	50	35	50	50
Áreas comunes	35	50	50	35	50
Equipamiento	50	50	50	50	50

Fuente: Elaboración propia en base a CTE DB HR / ANSI S12.60-2002 / HTM 08-01: Acoustics / OGUC

Para los efectos de aplicación del presente GTA, entiéndase por “áreas comunes” a aquellas zonas de transición colindantes con los recintos habitables (pasillos, halls de acceso, salas de espera, recepción y atención de público).

b) Aislación acústica de Ruido Impacto (dB)

- El Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado Aparente, $L'_{n,w}$, máximo permitido será de 65 (dB) para los siguientes elementos constructivos:
- Elementos de separación horizontal considerando recinto receptor de carácter habitable y áreas comunes, se excluye exigencia a recintos receptores destinados a equipamiento.

c) Aislamiento Acústico de Fachadas y Elementos de Fachadas

- El aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo exigido para fachadas y elementos de fachada se muestra a continuación en la Tabla 9.2:

Tabla 9.2: Aislamiento acústico mínimo de fachada y elementos de fachada.

NED (dBA)	Aislamiento acústico mínimo todo tipo de edificio ($D_{nT,w} + C_{tr}$, $D_{l_{s,2m,nT,w}} + C_{tr}$ o $D_{tr,2m,nT,w} + C_{tr}$)
NED ≤ 65 dBA	30 dBA
NED > 65 dBA	NED – 35 dBA

Fuente: Elaboración propia en base a NCh 351 Of.61 y CTE DB HR.

El parámetro NED (Nivel equivalente diurno) corresponde al nivel de presión sonora equivalente, expresado en dBA, obtenido al exterior de la fachada o elemento de fachada sujeta a evaluación. Éste valor puede obtenerse a través de:

b.1) Mediciones: conforme al procedimiento de medición establecido en la norma NCh 352-1 Of. 2000, o

b.2) Mapa de ruido: declarado oficial mediante Resolución del Ministerio del Medio Ambiente.

El valor NED a considerar corresponderá al mayor valor obtenido en b.1 o b.2, y el límite máximo permisible establecido en el D.S. N°38/11 MMA.

d) Tiempo de Reverberación

El Tiempo de Reverberación T máximo permitido se muestran en la Tabla 9.3, y serán exigidos para los siguientes recintos:

- Aulas y salas de conferencia con un volumen $V < 350 \text{ m}^3$
- Áreas comunes.

Tabla 9.3: Tiempo de reverberación máximo permitido.

RECINTO	T (S)
Aulas y salas de conferencia con un volumen $V < 350 \text{ m}^3$	0,7 s
Áreas comunes	0,9 s

Fuente: CTE DB HR.

Para los efectos de aplicación del presente GTA, entiéndase por "Tiempo de Reverberación T" a la media aritmética de los valores obtenidos para las bandas de octava de 500, 1000 y 2000 Hz.

e) Inteligibilidad de la Palabra

La inteligibilidad de la palabra, descrita por medio del Speech Transmission Index (STI), deberá ser mayor que 0,6 (STI > 0,6) para los siguientes recintos :

- Aulas y salas de clase.
- Cámara Gessell.

f) Ruido y Vibraciones de equipamiento

El equipamiento interior del edificio sujeto a esta exigencia se detalla a continuación:

- Sistemas de aire acondicionado y climatización,
- Equipos hidráulicos,
- Ventilación mecánica,
- Ascensores y montacargas,
- Generación eléctrica,
- Ductos de descarga de desperdicios.

Las emisiones de ruido de las instalaciones descritas anteriormente, a excepción de las instalaciones sanitarias, y de forma individual, no deberán superar el Nivel de Presión Acústica Continua Equivalente, $L_{Aeq,T}$ de 40 dB(A). En el caso de las instalaciones sanitarias, las emisiones de ruido no deberán superar el Nivel de Presión Acústica Máximo, $L_{A,max}$ de 40 dB(A).

En adición a lo anterior, las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir con las directrices de instalación contenidos en el acápite ITE 02.2.3 Ruidos y vibraciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Chile (RITCh).

Quedan exentos de cumplir esta exigencia las señales acústicas de emergencia, tales como alarmas y sirenas.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. ANTECEDENTES PREVIOS

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- a) Proyecto de arquitectura del edificio: Antecedentes para deducir la geométrica del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- b) Proyecto o antecedentes sobre el equipamiento interior del edificio: Se deben incluir las especificaciones técnicas, junto con certificados o informes de rendimiento de equipos y dispositivos, información referente a emisión de ruido.
- c) Especificaciones Técnicas, certificados de ensayo y catálogo de materiales.

Con estos antecedentes se requiere emitir el respectivo proyecto de ingeniería acústica, el cual

debe contener como mínimo memoria de cálculo, planos de la especialidad y fichas de verificación TDRé.

4.2. METODOLOGÍA

Para comprobar las exigencias en etapa de diseño, referente al aislamiento acústico a ruido aéreo y de impacto, se debe realizar de acuerdo a cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Mediante informe de ensayo o informe de inspección (de acuerdo a definición presentada en Artículo 4.1.6 OGUC) que acredite cumplimiento del elemento constructivo.
- b) Mediante consulta del Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico - MINVU.
- c) Mediante modelación numérica en base a Ley de Masa, normas chilenas NCh 3307, partes 1, 2 y 3, u otros modelos presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada:

c.1) El Tiempo de Reverberación se obtendrá mediante el método de cálculo establecido en la norma europea UNE EN 12354, parte 6, u otros modelos presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

c.2) La inteligibilidad de la palabra se obtendrá a partir del cálculo del tiempo de reverberación, utilizando modelos presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

c.3) La emisión de ruido de las instalaciones se obtendrá mediante cálculo establecido en la norma europea UNE EN 12354, parte 5, u otros modelos presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

c.4) Las modelaciones solicitadas pueden ser realizadas mediante simulación computacional, utilizando los softwares disponibles en el mercado. Los programas recomendados son los siguientes: SONarchitect ISO, INSUL, ZORBA, ECOTECT, EASE.

En términos generales, todos estos antecedentes pueden consultarse en el respectivo Proyecto de Ingeniería Acústica, el cual debe contener como mínimo memoria de cálculo y planos de la especialidad.

5. COMPROBACIÓN EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

El especialista a cargo del estudio deberá asesorar al equipo de diseño, desde las primeras etapas de desarrollo del anteproyecto de arquitectura, a través del procedimiento de simulación descrito en el punto 4.2 METODOLOGÍA y, comprobar que se cumple con los criterios de desempeño acústico establecidos.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

En esta etapa se deberá realizar inspección técnica para comprobar las especificaciones del proyecto; se prestará especial atención en las partidas referentes a la aislación acústica, reverberación y ruido emitido por las instalaciones. Se inspeccionará la correcta instalación, posición, dimensiones y secuencias de montaje de las soluciones constructivas especificadas.

Para comprobar que se cumple con los criterios de desempeño establecidos, una vez que el edificio ha concluido la etapa de terminaciones, se ejecutarán los siguientes ensayos en obra:

a) Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 50 m³, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 50 m³, se debe utilizar NCh 2785 Of. 2002 Medición de Aislación Acústica en Construcciones y Elementos de Construcción - Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos.

b) Aislamiento Acústico a Ruido de Impacto

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 50 m³, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 50 m³, se debe utilizar ISO 140-7:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors.

c) Aislamiento Acústico de Fachadas y Elementos de Fachadas

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 50 m³, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 50 m³, se debe utilizar ISO 140-5:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building

elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades.

d) Tiempo de Reverberación

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 50 m³, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 50 m³, se debe utilizar ISO 3382-2:2008 Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms.

e) Inteligibilidad de la Palabra

De acuerdo al procedimiento de medición establecido en la norma IEC 60268-16:2011 Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.

f) Ruido y Vibraciones de Equipamiento

De acuerdo al procedimiento de medición establecido en la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones.

GLOSARIO

Absorción acústica: Es el fenómeno físico que se describe a través del porcentaje de la energía sonora, que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1.

Aislamiento acústico: Propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora de un recinto a otro.

Áreas comunes: Recintos u espacios transitables que constituyen parte de los bienes comunes de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Decibel (dB): Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.

Decibel A dB(A): Unidad de medida del ruido que toma en cuenta las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Ensayo de Laboratorio: Ensayo de elementos que deberá ser realizado por un Laboratorio inscrito en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Se coloca la muestra entre dos cámaras reverberantes normalizadas, donde está controlada la transmisión indirecta. La diferencia de niveles obtenida corresponde únicamente a la atenuación producida por la muestra de ensayo.

Ensayo en terreno: Ensayo que se realiza en terreno, de acuerdo a normativa, y tiene la ventaja de evaluar en situación real la solución constructiva empleada, considerando la influencia de la ejecución en obra de la solución. El ensayo debe ser realizado por un consultor inscrito en los registros del MINVU.

Fachada: Elemento constructivo vertical o con inclinación superior a 60° sobre la horizontal, que separa un espacio habitable de la vivienda con respecto al exterior.

Frecuencia (f): es el número de oscilaciones ocurridas en un tiempo de un segundo de una onda sonora sinusoidal. Se mide en ciclos por segundo (s^{-1}) o Hertz (Hz).

Índice de Reducción Acústica Aparente (R`): Diferencia de niveles entre el recinto de emisión sonora y el recinto de recepción, corregidos por la relación entre el área del elemento constructivo ensayado y el área de absorción equivalente del recinto receptor. Se determina experimentalmente en terreno según la norma NCh 2785 (ISO 140-4).

Índice Ponderado de Reducción Acústica: Es el valor en decibeles, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-1.

Nivel de presión sonora: corresponde a veinte veces el logaritmo de base diez de la razón entre la raíz cuadrática media de la presión sonora considerada, y la presión sonora de referencia (20 μ Pa).

Nivel de presión acústica continuo equivalente: Valor del nivel de presión sonora de un sonido continuo y estable, que dentro de un intervalo de tiempo especificado T, tiene la misma presión sonora cuadrática media que un sonido considerado variante en el tiempo.

Nivel de Presión Acústica Máximo, ponderado A, $L_{A,max}$: Nivel máximo en ponderación A obtenido al interior de un local habitable, durante la medición de ruido de una o más instalaciones domiciliarias externas a la unidad de vivienda.

Nivel equivalente diurno, NED: Es el nivel de presión sonora continuo equivalente, expresado en dBA, medido en el exterior de la fachada evaluada, durante los períodos diurnos que consideran la actividad característica del lugar.

Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado, L_n : Es el nivel de presión de ruido de impactos L, ajustado mediante un término de corrección, dado por el cociente entre la absorción equivalente del recinto receptor y el área de absorción equivalente de referencia.

Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado Ponderado: Es el valor en decibeles, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-2.

Presión sonora: Incremento variable de la presión atmosférica que resulta de la presencia o la ausencia de sonido.

Puente Acústico: Discontinuidad de un elemento constructivo o acoplamiento mecánico en uniones, que genera una mayor transmisión de la energía acústica.

Reverberación: Es el fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la emisión de la fuente de ruido. Esto a causa de las reflexiones superficiales en el mismo.

Ruido: Sonido no deseado, capaz de generar una sensación auditiva desagradable.

Sonido: Es cualquier variación de la presión en el aire que pueda generar una sensación auditiva.

Tiempo de Reverberación: Es el tiempo en que la energía acústica se reduce a la millonésima parte de su valor inicial (ó 60 dB), una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

REFERENCIAS

- American National Standards Institute, ANSI. (2002). "Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools". (ANSI S12.60-2002).
- Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización, A.G. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCh.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones . D.S. N° 47/92 MINVU. CHILE.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2011). "Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica". D.S. N° 38/11 MMA. Chile.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1997). Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas . D.S. N° 146/97 MINSEGPRES. Chile.
- Instituto Nacional de Normalización, INN. (1961). Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios . (NCh 351 Of.1961).
- Ministerio de Fomento, España. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, que aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación, España.
- Office of the Deputy Prime Minister (2003). The Building Regulations, Approved Document E, Resistance to the passage of sound (2003 Edition). London: The Stationery Office. ISBN 0117536423.

BIBLIOGRAFÍA

- BRE Acoustics, Building Research Establishment Ltd (BRE). (2003). Building Bulletin 93 – Acoustic Design of Schools. Bridget Shield, London South Bank University.
- Comisión Nacional del medio Ambiente, CONAMA. (1998). Manual de Aplicación Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas . Comisión Nacional del medio Ambiente, Chile.
- Crocker, M. (2007). "Handbook of Noise and Vibration Control". John Wiley & Sons, Inc. ; 1st Ed.
- Department of Health Gateway Review, Estates & Facilities Division. (2008). Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics. Published by TSO (The Stationery Office).
- Hopkins, C. (2007). "Sound Insulation". Elsevier Ltd; 1st Ed.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc-CSIC. (2009). Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido (Versión V.01). Ministerio de Vivienda, España.
- Meza, L. (2007). Nueva valoración del aislamiento acústico de viviendas asociado al clima mediterráneo: Aislamiento Acústico / Aislamiento Térmico . Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Vigrán, E. (2008). Building Acoustics . Taylor & Francis; 1ra Ed.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N°10
Eficiencia de las Instalaciones de Agua Potable**

El agua se ha convertido en un bien escaso y como tal, el diseño y desarrollo de sistemas y planes de manejo eficiente de artefactos y tecnologías destinadas al ahorro de ésta se ha vuelto prioritario. La demanda por agua potable con una calidad adecuada para el consumo humano ha ido en aumento, teniendo una estrecha relación con el incremento de la población, por ende se espera que la necesidad siga creciendo a lo largo de los años. Es por esto que se hace prioritario el desarrollo de planes de mejoramiento y manejo eficiente de este recurso, así como el buscar e incorporar nuevas fuentes.

Debido a lo anterior, se hace necesario desarrollar proyectos de instalaciones sanitarias, tanto de abastecimiento de agua potable como de disposición de aguas servidas, que prioricen el uso eficiente y almacenamiento del recurso.

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica de eficiencia de las instalaciones de agua potable en edificios públicos, el cual considera los volúmenes correspondientes para el consumo de las personas y el riego de áreas verdes.

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m² y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

2.1. EXIGENCIA BÁSICA DE EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE

Toda nueva instalación de agua potable de edificios públicos, debe estar orientada al uso eficiente y racional de agua potable, con el objetivo de reducir su consumo. Se exigirá el cumplimiento de medidas de eficiencia en las instalaciones y equipamiento, a través de la incorporación de tecnologías de ahorro de agua potable, y se fomentará la incorporación de proyectos de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias.

Además del cumplimiento de las condiciones de diseño y ejecución de las instalaciones impuestas a los proyectos sanitarios, deberá consultarse la aplicación de programas de educación de sus usuarios y un plan formal de administración del recurso, con el objeto de crear conciencia sobre la importancia de un uso racional del sistema y los recursos hídricos, puesto que los beneficios de un buen proyecto de ingeniería podrían ser contrarrestados por una mala utilización de los mismos.

2.2. INDICADORES

- a) **Porcentaje de ahorro anual (%):** Porcentaje de ahorro de agua potable en el consumo global del edificio de proyecto, en relación al consumo global del edificio de referencia. Para la estimación de los consumos globales se deberá calcular los consumos directos, restando los volúmenes generados por los proyectos de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias.
- b) **Consumo directo anual (m³/año):** Volumen estimado de agua potable consumido anualmente por las personas y el riego de áreas verdes. Deberá calcularse en base al consumo o caudal de salida de los artefactos, además del número de usuarios y usos diarios estimados.

Consumo global anual (m³/año): Corresponde a la sumatoria de los consumos directos del edificio de proyecto, descontando los volúmenes generados por los proyectos de reciclaje de aguas grises y/o recolección de aguas lluvias.

3. CRITERIOS DE DESEMPEÑO

3.1. VALORES LÍMITE

En su conjunto, la aplicación de medidas de ahorro de agua en los proyectos de agua potable, alcantarillado y reciclaje de aguas grises y/o pluviales, deberán lograr una reducción mínima en relación al consumo de agua potable de su caso de referencia, según el nivel de precipitaciones de la localidad de su emplazamiento. Este porcentaje de ahorro está expresado en la siguiente tabla:

Tabla 10.1: Porcentaje de ahorro mínimo en el consumo global anual de agua potable

CONSUMO ANUAL [m ³ /año]	PRECIPITACIONES ANUALES [mm/año]		
	0-1.000	1.001-2.000	>2.000
<1.500	35%	30%	25%
1.501-2.000	40%	35%	30%
>2.000	45%	40%	35%

Fuente: Elaboración propia.

A los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales bajo 1.000 mm de agua caída, se les hará exigible una reducción del consumo de agua potable respecto al edificio de referencia, según la Tabla 10.1, y según el consumo anual de agua potable estimado, a través de la instalación de artefactos y/o sistemas eficientes. Asimismo, para los proyectos de superficie útil mayor a los 1.000 m² en estas zonas, se deberá realizar una evaluación económica y técnica de un proyecto de reciclaje de aguas grises.

A los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales entre los 1.000 mm y 2.000 mm de agua caída, se les exigirá una disminución del consumo a través de artefactos con eficiencia hídrica según la tabla anterior, además de la evaluación económica y técnica de proyectos de reciclaje de aguas grises y de recolección de aguas lluvias.

Los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales sobre los 2.000 mm de agua caída, deberán disminuir su consumo de referencia, de acuerdo a la Tabla 10.1, a través de artefactos con eficiencia hídrica, además de desarrollar un proyecto de recolección y utilización de aguas lluvias.

Para la determinación de los niveles de pluviosidad anual de cada localidad, se deberá consultar la tabla C.5 de la norma chilena NCh 1079 Of. 2008, que indica la frecuencia de precipitaciones y cantidad de lluvia caída por año y/o Informe de Precipitaciones de la Dirección Meteorológica de Chile.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. ANTECEDENTES PREVIOS

Los edificios deberán cumplir exigencias mínimas de ahorro de agua, tanto en su fase de diseño como en la fase de construcción, de manera de facilitar la reducción del consumo global de agua potable para fines sanitarios y de riego.

Asimismo, los proyectos sanitarios que incorporen el tratamiento y reutilización de aguas grises, deberán identificar y separar claramente los trazados para la conducción de aguas grises y de aguas negras, habilitando al menos un punto de bypass que permita conducir el exceso de efluentes de aguas grises hacia el sistema de alcantarillado, en caso de ser requerido. Se deberá tener especial cuidado en que los trazados y esta conexión, se diseñen y ejecuten de forma que se evite la contaminación cruzada de los efluentes.

Para dar cumplimiento a las exigencias propuestas, se define una metodología de cálculo basada

en la estimación del consumo de agua de un sistema, que deberá contemplar artefactos aceptados como eficientes (proyecto propuesto) en comparación con el consumo de un sistema con un estándar de base (edificio de referencia), con la finalidad de obtener un porcentaje de ahorro de agua potable. Para ello, se considerarán las contribuciones de medidas de reducción directas, así como también las obtenidas a través de instalaciones de reciclaje y tratamiento de aguas grises y/o pluviales.

4.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La metodología se resume como sigue:

- a) **Evaluación particular de la eficiencia de artefactos:** se evaluará la eficiencia particular de cada artefacto propuesto en el proyecto sanitario, considerando el caudal de salida (l/min) o volumen de consumo (l) declarado por el fabricante, contrastándolos con los caudales y consumos de referencia.
- b) **Cálculo del consumo directo del edificio de referencia:** Se diferenciarán los volúmenes de agua potable obtenidos para consumos de personas y riego de áreas verdes. Estimación anual de consumo de agua potable [m³/año], según NCh 2485 Of. 2000 o normativa que corresponda.
- c) **Cálculo de la demanda directa del proyecto propuesto:** Se evaluarán los volúmenes de agua potable obtenidos para consumos de personas y riego de áreas verdes [m³/año], considerando los caudales de los artefactos eficientes propuestos, con la finalidad de limitar los consumos máximos de referencia, para cumplir con el requerimiento de ahorro de agua potable de esta guía.
- d) **Proyecto de reutilización de aguas grises y pluviales:** estudio, por separado, de la factibilidad técnica y económica de reutilización/reciclaje de aguas grises y/o pluviales, para evaluar el volumen de contribución de cada proyecto particular al ahorro de agua global.
- e) **Cálculo de porcentaje de reciclaje y ahorro de agua estimado:** estimación de ahorro anual del volumen de agua potable [m³/año] como porcentaje del consumo del edificio de referencia, de acuerdo a la demanda estimada de proyecto propuesto. Se exigirá un porcentaje mínimo de ahorro de agua, de acuerdo a la demanda estimada del proyecto propuesto, mientras que el ahorro se calculará considerando las medidas de reducción del consumo directo, así como el volumen reciclado de instalaciones de tratamiento de aguas grises y/o pluviales.

4.2.1. Evaluación particular de la eficiencia de artefactos

Para considerar el nivel de eficiencia de los artefactos, se utilizará la siguiente tabla de referencia:

Tabla 10.2: Consumos y caudales de referencia por artefacto (*).

Artefacto	Unidad	Consumo o Caudal de Salida			
		Referencia		Eficiencia	
		Agua fría	Agua caliente	Agua fría	Agua caliente
WC corriente	1/descarga	12	N/A	3-6	N/A
WC válvula automática	1/descarga	seg. fabricante	N/A		
Urinario corriente	1/descarga	6	N/A	2-3	N/A
Urinario con cañería perforada	1/min	10	N/A		
Urinario válvula automática	1/descarga	seg. fabricante	N/A		
Ducha (baño lluvia)	1/min	12	12	4-8	4-8
Ducha c/cañería perforada	1/min	40	N/A		
Tina	1/min	15	15		
Bidet	1/min	6	6	2-3	2-3
Lavamanos	1/min	8	8	4-6	4-6
Lavaplatos	1/min	12	12	8	8
Lavacopas	1/min	12	12		
Lavavajillas	1/kg	15	15	10-12	10-12
Bebedero	1/min	5	N/A		
Salivera dentista	1/min	5	N/A		
Lavadero	1/kg	30	30		
Máquina de lavar ropa	1/kg	20	20	10	10
Llave de riego 13 mm	1/min	20	N/A	6-8	6-8
Llave de riego 19 mm	1/min	50	N/A		

Fuente: Caudales y consumos de artefactos referencia en base al RIDAA (Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado); caudales y consumos de referencia de artefactos eficientes según universo de modelos disponibles en el mercado.

(*) Los valores de consumo o caudal de salida de artefactos considerados eficientes se entregan a título ilustrativo. Estos valores deberán ser definidos y certificados por el fabricante, según el modelo de artefacto y para cada proyecto particular.

En todo caso, para los proyectos de referencia y propuesto, se deberá considerar la provisión e instalación de un número de artefactos para cubrir los requerimientos de la demanda. De este

modo, para establecimientos educacionales se deberá cumplir, como mínimo, con el número de artefactos exigidos en el Art. 4.5.8 de la OGUC. En lugares de trabajo, este número se encuentra definido en el D.S. N°594 (1999).

Tabla 10.3: Usos diarios por artefacto según tipología de edificios y tipo de usuario.

ARTEFACTO	REFERENCIA		USOS/DÍA			
	Unidad	Duración	Salud		Seguridad	
			Permanente	Transitorio	Permanente	Transitorio
WC	descargas/usuario	N/A	4,0	0,6	3,0	0,2
Urinario	descargas/usuario	N/A	3,0	0,6	2,0	0,2
Lavamanos	seg/usuario	15	8,0	4,0	5,0	0,6
Ducha	seg/usuario	300	1,0	-	1,0	-
Lavplatos	seg/usuario	15	6,0	1,8	4,5	-
Lavavajillas	Kg/usuario	0,2	4,0	1,2	3,0	-
Lavadero	Kg/usuario	0,9	1,7	-	1,4	-
Máquina de lavar ropa	Kg/usuario	0,9	1,7	-	1,4	-
Riego de áreas verdes	l/m ²	15	1,0	-	1,0	-

ARTEFACTO	REFERENCIA		USOS/DÍA			
	Unidad	Duración	Salud		Seguridad	
			Permanente	Transitorio	Permanente	Transitorio
WC	descargas/usuario	N/A	3,0	0,3	3,0	0,3
Urinario	descargas/usuario	N/A	2,0	0,2	2,0	0,2
Lavamanos	seg/usuario	15	3,0	0,5	3,0	0,5
Ducha	seg/usuario	300	1,0	-	1,0	-
Lavplatos	seg/usuario	15	4,5	0,6	6,0	-
Lavavajillas	Kg/usuario	0,2	3,0	0,4	4,0	-
Lavadero	Kg/usuario	0,9	-	-	1,0	-
Máquina de lavar ropa	Kg/usuario	0,9	-	-	1,0	-
Riego de áreas verdes	l/m ²	15	1,0	-	1,0	-

Fuente: Elaboración propia, basado en estudio publicado por la SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios) sobre el consumo de agua potable en edificios residenciales.

En el cálculo del consumo, se deberá considerar la participación de los usuarios permanentes y transitorios, identificándose a los primeros como todos aquellos usuarios de los que se espere una ocupación mínima del edificio de 40 horas semanales, mientras que los usuarios transitorios serán aquellos con una ocupación menor a 40 horas semanales. Para la definición del número de usuarios, deberán considerarse los recintos de servicio que contengan los artefactos, en relación a los recintos servidos por los mismos.

4.2.2. Consumo directo de agua potable anual del edificio de referencia

El cálculo del consumo estimado de agua potable del edificio de referencia, se deberá realizar en función de los caudales y consumos de artefactos de referencia indicados en la Tabla 10.2, además de los usuarios y usos diarios estimados de la Tabla 10.3, utilizando la siguiente ecuación:

$$CD_r = n \cdot \sum_{i=1}^k C_{ri} \cdot [(N_{Pi} \cdot U_{Pi}) + (N_{Ti} \cdot U_{Ti})]$$

Donde:	k:	número de artefactos en el edificio
	i:	artefacto tipo, según la tabla 10.2
	n:	período de tiempo evaluado [días]
	CD_r :	consumo directo de agua potable del proyecto de referencia [m^3]
	C_r :	caudal / consumo del artefacto i de referencia, según la tabla 10.2
	N_p :	número de usos diarios del artefacto i por usuario permanente [s/d]
	N_T :	número de usos diarios del artefacto i por usuario transitorio [s/d]
	U_p :	número de usuarios permanentes que harán uso del artefacto i [s/d]
	U_T :	número de usuarios transitorios que harán uso del artefacto i [s/d]

4.2.3. Consumo directo de agua potable anual del edificio de proyecto

En forma análoga, se hará el cálculo para el proyecto propuesto según la ecuación siguiente:

$$CD_p = n \cdot \sum_{i=1}^k C_{pi} \cdot [(N_{Pi} \cdot U_{Pi}) + (N_{Ti} \cdot U_{Ti})]$$

Donde:	k:	número de artefactos en el edificio
	i:	artefacto tipo, según la Tabla 10.2
	n:	período de tiempo evaluado [días]
	CD_p :	consumo directo de agua potable del proyecto de referencia [m^3]
	C_{pi} :	caudal/consumo del artefacto i de referencia, según especificación del fabricante
	N_{pi} :	número de usos diarios del artefacto i por usuario permanente [s/d]
	N_{Ti} :	número de usos diarios del artefacto i por usuario transitorio [s/d]
	U_{pi} :	número de usuarios permanentes que harán uso del artefacto i [s/d]
	U_{Ti} :	número de usuarios transitorios que harán uso del artefacto i [s/d]

4.2.4. Proyectos de reciclaje y reutilización de aguas grises y/o pluviales

Para los casos especificados en la sección 3.1, se contempla la evaluación de factibilidad técnica y económica de la ejecución de instalaciones de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias, para su uso exclusivo en sanitarios y riego de jardines.

El desarrollo de proyectos de reciclaje de aguas grises, deberá generar una red de recolección de aguas servidas, diferenciándola claramente de las redes de recolección de aguas grises y aguas lluvias. Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas especificados para su ejecución, deberán acreditar su certificación de conformidad por laboratorios y organismos de certificación acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, de acuerdo a los procedimientos de certificación que determine la autoridad competente. Junto con el proyecto de reciclaje de aguas grises, se deberá entregar un estudio de riesgos de salud en caso de presentarse cualquiera de estos proyectos, evitando en todo momento cualquier contacto humano directo con estos efluentes una vez en operación.

El desarrollo de proyectos de recolección de aguas lluvias, deberá optimizar la captación de las precipitaciones anuales, maximizando el aprovechamiento tanto de las superficies edificadas de cubierta como de pavimentos exteriores, evitando en todo caso el escurrimiento de aguas lluvias hacia el exterior de los deslindes de la propiedad. Como antecedente de los niveles de pluviosidad, se deberá consultar la tabla C.5 de la norma chilena NCh 1079 Of. 2008, que indica la frecuencia de precipitaciones y cantidad de lluvia caída por año y/o Informe de Precipitaciones de la Dirección Meteorológica de Chile.

Para ambos proyectos se deberán definir sistemas apropiados de acumulación, filtrado y desinfección, de acuerdo a factores como el volumen acumulable, la forma y oportunidad de provisión y el destino de consumo, considerando el cumplimiento de los estándares incluidos en la norma chilena NCh 1333 Of. 1978 sobre calidad de agua. Asimismo, se deberá resolver la forma de manejo y disposición de los sedimentos generados.

Determinados los volúmenes anuales estimados generados por cada proyecto, deberán incluirse en el cálculo del consumo global anual, para estimar el porcentaje de ahorro obtenido.

4.2.5. Consumo global anual

Para obtener el consumo global anual, en general esta contribución deberá ser considerada sólo para 260 días (los días hábiles de operación efectiva del edificio).

$$CG_r = CD_r$$
$$CG_p = CD_p - (\text{Reciclaje aguas grises} + \text{Aguas lluvias})$$

Donde: CG_r : consumo global de agua potable del proyecto de referencia [m³].
 CD_r : consumo directo de agua potable del proyecto de referencia [m³]
 CG_p : consumo global de agua potable del proyecto propuesto [m³].
 CD_p : consumo directo de agua potable del proyecto propuesto [m³]

Sin perjuicio de lo anterior, se deberá evaluar la incorporación, en forma separada, de la contribución de los restantes 105 días (fines de semana) en aquellos proyectos o áreas de proyecto que así lo ameriten, dado su régimen de ocupación y programa, tales como: internados, centros de reclusión u hospitales.

4.2.6. Porcentaje de ahorro de agua potable anual

Finalmente, se obtendrá el porcentaje de ahorro de agua potable anual usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ahorro anual} = \left(\frac{CG_r - CG_p}{CG_r} \right) \cdot 100$$

Donde: CG_r : consumo global de agua potable del proyecto de referencia [m³].
 CG_p : consumo global de agua potable del proyecto propuesto [m³].

5. COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

5.1. VERIFICACIÓN EN DISEÑO

Se comprobará, mediante los datos obtenidos del cálculo (consumos globales del edificio de referencia y edificio de proyecto propuesto), que el porcentaje de ahorro (%) de agua potable del edificio de proyecto en relación al edificio de referencia, es igual o mayor al criterio de desempeño establecido por tipo edificio y su zona de emplazamiento.

La comprobación de la exigencia en etapa de diseño, será realizada a través de una memoria de cálculo entregada por el proyectista como antecedente del proyecto. Éste deberá contener, además

de los cálculos correspondientes verificando el cumplimiento de los valores límites, los documentos o especificaciones técnicas prescriptivas de los artefactos que se tomaron en consideración.

Junto con lo anterior, se deberá chequear la entrega de la planimetría básica del proyecto sanitario, en donde se indiquen los artefactos y caudales.

En caso de exigirse, se deberán adjuntar los antecedentes del proyecto de recolección de aguas lluvias y/o reutilización de aguas grises, tales como: planimetría, especificaciones técnicas del edificio, instrucciones y remisión o referencia de métodos de cálculo y análisis, reglamentos, normas técnicas y otros documentos de respaldo.

5.2. VERIFICACIÓN EN OBRA

Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase obra o construcción (no necesariamente post ocupacional). Se aplica al análisis, inspección y ensayos en laboratorio o en obra de materiales, partes del edificio o el edificio en su conjunto. Contiene instrucciones y referencias de métodos de ensayo, de cálculo y otros. En esta etapa, se revisa mediante inspección visual, que el sistema hidráulico y artefactos cumplan con las disposiciones reglamentarias y especificaciones técnicas del proyecto propuesto. Se verifica, además, la hermeticidad del sistema, mediante prueba de presión hidráulica.

La entrega del sistema en operación debe ir acompañada de una inducción documentada mediante un manual de uso y mantenimiento.

5.3. VERIFICACIÓN POST OCUPACIONAL

Se constatará, mediante prueba in situ de presión hidráulica, que el sistema de agua potable no presenta fugas. Se comprobará además, mediante ensayo in situ, la eficiencia o caudal de cada artefacto instalado, en comparación al artefacto propuesto del edificio de proyecto en [l/min].

GLOSARIO

Aguas grises¹: Aguas residuales provenientes de las tinajas y duchas, lavatorios, lavaplatos, y otros similares, excluyendo las aguas negras.

Aguas negras: Aguas residuales que contienen excretas.

Aguas residuales: Aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso, o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para este proceso.

Aguas servidas; aguas servidas domésticas: Aguas residuales que sólo contienen los desechos de una comunidad, compuestas por aguas grises y aguas negras.

Proyecto de Referencia: Edificio correspondiente al proyecto base, que contempla instalaciones y artefactos sanitarios que cumplen la normativa vigente (NCh2485 Of200, Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado-RIDDA u otro). Los artefactos son del tipo tradicional y no contemplan eficiencia en el ahorro del agua potable.

Proyecto Propuesto: Edificio que contempla el uso de artefactos sanitarios con ahorro de agua potable y que pudiese incorporar, además, proyectos de reutilización de aguas grises y recolección de aguas lluvias, según sea el caso.

Red de alcantarillado separado: Sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en alcantarillas separadas.

Red de alcantarillado unitario; red de alcantarillado combinado: Sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en una misma alcantarilla.

Reutilización de las aguas: Aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

Sistema de reutilización de las aguas: Conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

1 NCh 1105 Of.1999. Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes.

Usuario del agua regenerada: Persona física o jurídica o, entidad pública o privada, que utiliza el agua regenerada para el uso previsto.

Punto de entrega de las aguas regeneradas: Lugar donde el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas entrega a un usuario las aguas regeneradas, en las condiciones de calidad según su uso previstas en esta disposición.

Lugar de uso del agua regenerada: Zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.

Autocontrol: Programa de control analítico sobre el correcto funcionamiento del sistema de reutilización realizado por el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas

REFERENCIAS

Generalitat de Catalunya (2006). DECRET 21 Por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios. (No. de publicación DOGC 4574).

Instituto Nacional de Normalización (2008). Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. (No. Publicación NCh 1079). Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (1999). Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes. (No. Publicación NCh 1105). Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (1978). Ingeniería sanitaria – Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. (No. Publicación NCh 1333). Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (2000). Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores. (No. Publicación NCh 2485). Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (2011). Agua - Llaves o válvulas de uso domiciliario - Requisitos. (No. Publicación NCh 700:2012). Santiago, Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2009). SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (2012). Artefactos sanitarios de loza vítrea - Requisitos y métodos de ensayo. (No. Publicación NCh 407:2012). Santiago, Chile.

Ministerio de Salud (2000). Decreto Supremo N°594 -1999. Santiago, Chile.



***Términos de Referencia Estandarizados
con Parámetros de Eficiencia Energética
y Confort Ambiental, para Licitaciones
de Diseño y Obra de la Dirección de
Arquitectura, Según Zonas Geográficas
del País y Según Tipología de Edificios***

FICHA EE

Ficha Etapa Diseño

Ficha Etapa Obra

Ficha Etapa Post Ocupacional

	<h2 style="margin: 0;">EFICIENCIA ENERGÉTICA DA MOP</h2> <p style="margin: 0;">INFORME DE RESULTADOS – VERIFICACIÓN TDR_e CITEC UBB</p>	<h3 style="margin: 0;">FICHA TDR_e</h3> <p style="margin: 0;">INFORME N° FECHA PÁG</p>
---	---	--

FASE DISEÑO	
Proyecto	
Mandante	
Año	
Director Regional	
Jefe de Proyecto Regional	
Inspector fiscal DA MOP	
Consultor	
Especialista	

GTA N°1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO				
1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO					
1.1	Identificación				
	Nombre del Edificio				
	Destino				
	Usuario				
	Año	Ficha EDI		Código BIP	
1.2	Ubicación				
	Dirección				
	Calle	N°			
	Comuna	Ciudad	Región		

1.3	Emplazamiento y descripción				Orientación: <input type="checkbox"/>
1.4	Tipo de agrupamiento				
	Aislado		Pareado		Continuo
1.5	Entorno				
	Urbano		Semiurbano		Rural
1.6	Fuentes de energía				
	Eléctrica pública		Gas natural		Solar térmica
	Eléctrica generador		Gas licuado		Solar fotovoltaica
	Carbón		Biomasa - leña		Eólica
	Otros		Combustible fósil		Geotérmica
1.7	Sistema de calefacción				
	Sistema de refrigeración				
	Sistema de ventilación				
	Sistema de iluminación				
1.8	Persona de contacto				
	Nombre		Cargo		
	Teléfono		e-mail		
(Detalle en páginas posteriores)					

2. DATOS CLIMÁTICOS BÁSICOS DE LA LOCALIDAD			
2.1	Coordenadas		
	Latitud		Longitud
2.2	Zonas		
2.2.1	Zona Climática (NCh1079)		
2.2.2	Zona Térmica (OGUC)		
2.3	Datos climáticos		
	Temperaturas	Unidad	Valor
	Media anual	°C	
	Media máxima anual	°C	
	Media mínima anual	°C	
	Insolación	Enero - Wh/m ² día	
		Julio - Wh/m ² día	
	Soleamiento	Horas sol	
	Humedad relativa	%	
	Nubosidad	Enero - décimas	
		Junio - décimas	
	Precipitación	mm	
	Vientos predominantes	velocidad - m/s	
		dirección	
Fuente: (Respaldo de la cualificación)			

3. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO		
	Estrategia Proyecto	Descripción estrategia
3.1	Orientación	
3.2	Factor de Forma	
3.3	Zonificación interior	
3.4	Protección del Acceso	
3.5	Estrategias de calentamiento pasivo	
3.6	Estrategias de enfriamiento pasivo	
3.7	Estrategias de ventilación natural	
3.8	Estrategias iluminación natural	
3.9	Materialidad	

4. ARQUITECTURA DEL EDIFICIO						
4.1	Niveles					
	Sobre nivel de terreno (s/t)					
	Bajo nivel de terreno (b/t)					
4.2	Superficies por nivel	s/t	m²	Superficies por nivel	b/t	m²
		1		-1		
		2		-2		
		3		-3		
		4		-4		
		Otros		Otros		
		Superficies Parciales	s/t		Superficie Parciales	b/t
Superficie Total						

NOTA: El tamaño del espacio para PLANTAS Y ELEVACIONES puede ser modificado para una mejor lectura del proyecto.

4.3	Plantas		
4.3.1	Nivel		Piso 1

OTROS NIVELES

4.4	Elevaciones
4.4.1	Norte
4.4.2	Sur
4.4.3	Oriente
4.4.4	Poniente

4.5	Cortes
4.5.1	A-A'

OTROS CORTES

4.6	3D
4.6.1	

OTROS 3D

5. ARQUITECTURA Y DETALLES DE LOS RECINTOS REPRESENTATIVOS

RECINTO 1 :	
Destino	
Horario Ocupación	
N° de Ocupantes	
Equipamiento	
Sistema de Calefacción	
Sistema de Refrigeración	
Sistema de Ventilación	
Sistema de Iluminación	
Área Piso (m ²)	
Altura Recinto (m)	
Volumen Recinto (m ³)	
Área Puertas (m ²)	
Área Ventanas (m ²)	
Tipo Piso - color	
Coeficiente de reflexión piso (%)	
Tipo de Muro - color	
Coeficiente de reflexión muro (%)	
Techumbre	
Cielos Falsos - color	
Coeficiente de reflexión cielo (%)	
Divisiones Interiores	
Tipo de Ventana	
Transmisión luminosa VT	
Tipo Puerta	

Planta de Ubicación	Orientación: <input style="width: 20px; height: 15px;" type="checkbox"/>

Elevación Principal



Corte esquemático



OTROS RECINTOS: 10% de los recintos totales del edificio con un máximo de 4. Pueden ser más en acuerdo entre consultor y mandante.

GTA N°2		AHORRO DE ENERGÍA		
LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS				
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) – ELEMENTOS ENVOLVENTE				
Exigencia	Elemento Envolverte	Valor límite	Edificio Proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) Envolverte (W/m ² °K)	Cubierta			
	Muro de fachada			
	Pisos en contacto con el terreno			
	Pisos ventilados			
	Cerramiento en contacto con el terreno			
	U ponderado paramentos verticales			
Observaciones consultor :				

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA DE VANOS SEGÚN PORCENTAJE DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos acristalados	Valores U		
			Valor límite	Edificio Proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) por % vanos acristalados y orientación (W/m ² °K)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Sur				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

FACTOR SOLAR MODIFICADO SEGÚN % DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos acristalados	Valor límite	Edificio Proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Factor solar modificado por % de vanos acristalados y orientación (s/d)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

PERMEABILIDAD AL AIRE DE VENTANAS				
Exigencia	Valor límite	Edificio Proyecto	Verificación Cumple/No cumple	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja				
Observaciones consultor :				

DEMANDA DE ENERGÍA kWh/m ² año			
Exigencia	Valor límite	Edificio Proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Demanda de calefacción (kWh/m ² año)			
Demanda de refrigeración (kWh/m ² año)			
Observaciones consultor :			

GTA N°3		RENDIMIENTO DE LAS INST. TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN Y/O REFRIGERACIÓN			
Exigencia	Tipo equipo (Bomba de calor, Caldera aerotérmica, etc.)	Sectores climatizados	Valor límite Rendimiento(%) / COP / SFP	Valor equipo proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Rendimiento (%) / COP / SFP según potencia y/o tipo de equipo					
Observaciones consultor :					

GTA N°4		EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN							
Recintos	Exigencia								
	Iluminancia media en plano de trabajo (lux)			Demanda energética (W/m ²)			Eficiencia lumínica (lm/W)		
	Valor límite	Proyecto	Verificación	Valor límite	Proyecto	Verificación	Valor límite	Proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Observaciones consultor :									

GTA N°5		CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA					
Exigencia	Zona Climática de Radiación Solar **	Demanda diaria ACS Edificio proyecto (Lts/día)	Energía para ACS- Edificio proyecto (MJ/año)	Energía para ACS- Instalación Solar (MJ/año)	Contribución Solar Mínima Exigida (%)	Contribución Solar del sistema solar térmico del Edificio proyecto (%)	Verificación Cumple/No cumple
Porcentaje de Contribución Energética Solar para calentamiento de agua sanitaria (%)							
Observaciones consultor :							

GTA N°6	CONFORT AMBIENTAL
----------------	--------------------------

CALIDAD DE AIRE INTERIOR												
---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Exigencia	Recintos	Caudal Diseño (l/s)	Carga ocupacional		Tasas de ventilación límites recomendadas				Caudal teórico (l/s)	Efectividad distribución (Ez)	Rango caudal admisible (l/s)(1)		Verificación Cumple/No cumple
			Personas	Área (m ²)	Por persona (l/s)	Total persona (l/s p)	Por área (l/s m ²)	Total área (l/s)			Mínimo	Máximo	
Suministro Flujo de Aire Ventilación													

Observaciones consultor :
 Nota (1): El valor inferior del rango es igual a la tasa de ventilación límite por persona multiplicado por el número de persona más la tasa de ventilación límite por área multiplicado por el área del recinto. El valor superior del rango es igual al valor inferior más un 20%.

Exigencia	Recinto	Clase de permeabilidad por zona	Clase de ventana especificado proyecto	Verificación Cumple/No cumple
Clase de permeabilidad al aire de ventanas de fachada				
Observaciones consultor :				

GTA N°7	CONFORT HIGROTÉRMICO
----------------	-----------------------------

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		
		T Diseño (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple	T Diseño (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple
Temperatura operativa To (°C)							

Observaciones consultor :

Exigencia	Recinto	Invierno (Sistema Pasivo)				Verano (Sistema Pasivo)			
		T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple	T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple
Frecuencia de Temperatura operativa Ft (%)									

Observaciones consultor :

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		Verificación
		H.R. Diseño (%)	H.R. Límites (%)	Verificación Cumple/No cumple	H.R. Diseño (%)	H.R. Límites (%)	Verificación Cumple/No cumple
Humedad relativa del aire HR (%)							

Observaciones consultor :

GTA N°8	CONFORT LUMÍNICO
----------------	-------------------------

Luz Natural Fase Diseño - Opción 1				
------------------------------------	--	--	--	--

Exigencia	Recinto	Factor luz día		Verificación Cumple/No cumple
		FLD		
		Valor límite (%)	Valor proyecto (%)	
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural				

Observaciones consultor :

Luz Natural Fase Diseño - Opción 2							
------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Iluminancia horizontal en rango límite 200 - 3000 lux						Uniformidad	Verificación Cumple/No cumple
Tipo de cielo *(c) (i) (o)	fecha	horas	Emin	Emax	Emed		

Observaciones consultor :

Luz Natural Fase Diseño - Opción 3				
------------------------------------	--	--	--	--

Exigencia	Recinto	Autonomía luz natural (DA)		Verificación Cumple/No cumple
		DA		
		Valor límite (%)	Valor proyecto (%)	
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural				

Observaciones consultor :

Luz Natural Fase Diseño - Opción 4				
------------------------------------	--	--	--	--

Exigencia	Recinto	Iluminancia luz natural útil (UDI)		Verificación Cumple/No cumple
		UDI 200-3000 (lux)		
		Valor límite (%)	Valor proyecto (%)	
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural				

Observaciones consultor :

Luz Artificial											
Exigencia	Recinto	Iluminancia mantenida plano de trabajo			Uniformidad			Tipo de lámpara			
		Em límite	Em proyecto	Verificación	Unif límite	Unif proyecto	Verificación	Tipo	IRC	Tcp (K)	Verificación Cumple/No cumple
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural											
Observaciones consultor :											

GTA N°9	CONFORT ACÚSTICO				
Exigencia	Recintos	Valor límite	Edificio proyecto	Verificación Cumple/No cumple	
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)					
Ruido aéreo fachada (dBA)					
Ruido aéreo Losa entrepiso (dBA)					
Impacto losa entrepiso (dB)					
Tiempo reverberación (s)					
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)					
Ruido aéreo fachada (dBA)					
Ruido aéreo Losa entrepiso (dB)					
Impacto losa entrepiso (dBA)					
Tiempo reverberación (s)					
Observaciones consultor :					

GTA N°10	AHORRO DE AGUA					
EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE						
Exigencia	Demanda anual agua potable (m ³)		Valor límite % ahorro	Porcentaje ahorro edificio proyecto	Verificación Cumple/No cumple	
	Edificio referencia	Edificio proyecto				
Porcentaje de ahorro de agua potable respecto de la demanda anual (%)						
Observaciones consultor :						

Firmas responsables proyecto EE coordinado.

V°B°, nombre y firma Arqto. Coordinador Consultoría	V°B°, nombre y firma Arqto. Projectista Consultoría
V°B°, nombre y firma Especialista en Eficiencia Energética	V°B°, nombre y firma Especialista en Climatización
V°B°, nombre y firma Especialista en Iluminación	V°B°, nombre y firma Especialista en Agua Potable
V°B°, nombre y firma Inspector Fiscal de Consultoría	V°B°, nombre y firma Especialista en Acústica

	<h2 style="margin: 0;">EFICIENCIA ENERGÉTICA DA MOP</h2> <p style="margin: 0;">INFORME DE RESULTADOS – VERIFICACIÓN TDR_e CITEC UBB</p>	<h3 style="margin: 0;">FICHA TDR_e</h3> <p style="margin: 0;">INFORME N° FECHA PÁG</p>
---	---	--

FASE OBRA	
Proyecto	
Mandante	
Año	
Director Regional	
Jefe de Proyecto Regional	
Inspector fiscal DA MOP	
Consultor	
Especialista	

GTA N°1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO				
1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO					
1.1	Identificación				
	Nombre del Edificio				
	Destino				
	Usuario				
	Año	Ficha EDI	Código BIP		
1.2	Ubicación				
	Dirección				
	Calle	N°			
	Comuna	Ciudad	Región		

1.3	Emplazamiento y descripción				Orientación: <input type="checkbox"/>
1.4	Tipo de agrupamiento				
	Aislado	Pareado	Continuo		
1.5	Entorno				
	Urbano	Semiurbano	Rural		
1.6	Fuentes de energía				
	Eléctrica pública	Gas natural	Solar térmica		
	Eléctrica generador	Gas licuado	Solar fotovoltaica		
	Carbón	Biomasa - leña	Eólica		
	Otros	Combustible fósil	Geotérmica		
1.7	Sistema de calefacción				
	Sistema de refrigeración				
	Sistema de ventilación				
	Sistema de iluminación				
1.8	Persona de contacto				
	Nombre		Cargo		
	Teléfono		e-mail		
(Detalle en páginas posteriores)					

2. DATOS CLIMÁTICOS BÁSICOS DE LA LOCALIDAD			
2.1	Coordenadas		
	Latitud		Longitud
2.2	Zonas		
2.2.1	Zona Climática (NCh1079)		
2.2.2	Zona Térmica (OGUC)		
2.3	Datos climáticos		
	Temperaturas	Unidad	Valor
	Media anual	°C	
	Media máxima anual	°C	
	Media mínima anual	°C	
	Insolación	Enero - Wh/m ² día	
		Julio - Wh/m ² día	
	Soleamiento	Horas sol	
	Humedad relativa	%	
	Nubosidad	Enero - décimas	
		Junio - décimas	
	Precipitación	mm	
	Vientos predominantes	velocidad - m/s	
		dirección	
Fuente: (Respaldo de la cualificación)			

3. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO		
	Estrategia Proyecto	Descripción estrategia
3.1	Orientación	
3.2	Factor de Forma	
3.3	Zonificación interior	
3.4	Protección del Acceso	
3.5	Estrategias de calentamiento pasivo	
3.6	Estrategias de enfriamiento pasivo	
3.7	Estrategias de ventilación natural	
3.8	Estrategias iluminación natural	
3.9	Materialidad	

4. ARQUITECTURA DEL EDIFICIO						
4.1	Niveles					
	Sobre nivel de terreno (s/t)					
	Bajo nivel de terreno (b/t)					
4.2	Superficies por nivel	s/t	m²	Superficies por nivel	b/t	m²
		1		-1		
		2		-2		
		3		-3		
		4		-4		
		Otros		Otros		
		Superficies Parciales	s/t		Superficie Parciales	b/t
Superficie Total						

NOTA: El tamaño del espacio para PLANTAS Y ELEVACIONES puede ser modificado para una mejor lectura del proyecto.

4.3	Plantas		
4.3.1	Nivel		Piso 1

OTROS NIVELES

4.4	Elevaciones
4.4.1	Norte
4.4.2	Sur
4.4.3	Oriente
4.4.4	Poniente

4.5	Cortes
4.5.1	A-A'

OTROS CORTES

4.6	3D
4.6.1	

OTROS 3D

5. ARQUITECTURA Y DETALLES DE LOS RECINTOS REPRESENTATIVOS

RECINTO 1 :	
Destino	
Horario Ocupación	
N° de Ocupantes	
Equipamiento	
Sistema de Calefacción	
Sistema de Refrigeración	
Sistema de Ventilación	
Sistema de Iluminación	
Área Piso (m ²)	
Altura Recinto (m)	
Volumen Recinto (m ³)	
Área Puertas (m ²)	
Área Ventanas (m ²)	

Tipo Piso - color	
Coeficiente de reflexión piso (%)	
Tipo de Muro - color	
Coeficiente de reflexión muro (%)	
Techumbre	
Cielos Falsos - color	
Coeficiente de reflexión cielo (%)	
Divisiones Interiores	
Tipo de Ventana	
Transmisión luminosa VT	
Tipo Puerta	

Planta de Ubicación	Orientación: <input type="checkbox"/>

Elevación Principal



Corte esquemático



OTROS RECINTOS: 10% de los recintos totales del edificio con un máximo de 4. Pueden ser más en acuerdo entre consultor y mandante.

GTA N°2		AHORRO DE ENERGÍA		
LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS				
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) – ELEMENTOS ENVOLVENTE				
Exigencia	Elemento Envoltente	Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) Envoltente ($W/m^2 \cdot K$)	Cubierta			
	Muro de fachada			
	Pisos en contacto con el terreno			
	Pisos ventilados			
Observaciones consultor :				

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA DE VANOS SEGÚN PORCENTAJE DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos	Valores U		
			Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) por % vanos acristalados y orientación ($W/m^2 \cdot K$)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Sur				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

FACTOR SOLAR MODIFICADO SEGÚN % DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Factor solar modificado por % de vanos acristalados y orientación (s/d)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

PERMEABILIDAD AL AIRE DE VENTANAS				
Exigencia	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja				
Observaciones consultor :				

PERMEABILIDAD AL AIRE – FACHADA ENVOLVENTE			
Exigencia	Valor Límite con Sistema Mecánico de Ventilación	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa			
Observaciones consultor :			

DEMANDA DE ENERGÍA kWh/m ² año			
Exigencia	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Demanda de calefacción (kWh/m^2 año)			
Demanda de refrigeración (kWh/m^2 año)			
Observaciones consultor :			

GTA N°3		RENDIMIENTO DE LAS INST. TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN Y/O REFRIGERACIÓN			
Exigencia	Tipo equipo (Bomba de calor, Caldera aerotérmica, etc.)	Sectores climatizados	Valor límite Rendimiento(%) / COP / SFP	Valor equipo edificio	Verificación Cumple/No cumple
Rendimiento (%) / COP / SFP según potencia y/o tipo de equipo					
Observaciones consultor :					

GTA N°4		EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN							
Recintos	Exigencia								
	Iluminancia media en plano de trabajo (lux)			Demanda energética (W/m ²)			Eficiencia lumínica (lm/W)		
	Valor límite	Medido Edificio	Verificación	Valor límite	Medido Edificio	Verificación	Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Observaciones consultor :									

GTA N°5		CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA					
Exigencia	Zona Climática de Radiación Solar **	Demanda diaria ACS Edificio (Lts/día)	Energía para ACS- Edificio (MJ/año)	Energía para ACS- Instalación Solar (MJ/año)	Contribución Solar Mínima Exigida (%)	Contribución Solar del sistema solar térmico del Edificio (%)	Verificación Cumple/No cumple
Porcentaje de Contribución Energética Solar para calentamiento de agua sanitaria (%)							
Observaciones consultor :							

GTA N°6 CONFORT AMBIENTAL

CALIDAD DE AIRE INTERIOR

Exigencia	Recintos	Caudal Diseño (l/s)	Carga ocupacional		Tasas de ventilación límites recomendadas				Caudal teórico (l/s)	Efectividad distribución (Ez)	Rango caudal admisible (l/s)(1)		Valor edificio Caudal Medido (l/s)	Verificación Cumple/No cumple
			Personas	Área (m²)	Por persona (l/s p)	Total persona (l/s p)	Por área (l/s m²)	Total área (l/s)			Mínimo	Máximo		

Observaciones consultor :
Nota (1): El valor inferior del rango es igual a la tasa de ventilación límite por persona multiplicado por el número de persona más la tasa de ventilación límite por área multiplicado por el área del recinto. El valor superior del rango es igual al valor inferior más un 20%.

Exigencia	Recinto	% tiempo límite	% Tiempo de Ocupación Medido Bajo 1000ppm	Verificación Cumple/No cumple
Concentración de CO ₂				

Observaciones consultor :

Exigencia	Recinto	Clase de permeabilidad por zona	Clase de ventana edificio	Verificación Cumple/No cumple
Clase de permeabilidad al aire de ventanas de fachada				

Observaciones consultor :

GTA N°7 CONFORT HIGROTÉRMICO

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		
		T medido (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple	T medido (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple
Temperatura operativa To (°C)							

Observaciones consultor :

Exigencia	Recinto	Invierno (Sistema Pasivo)				Verano (Sistema Pasivo)			
		T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft medido en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple	T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft medido en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple
Frecuencia de Temperatura operativa Ft (%)									

Observaciones consultor :

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		Verificación
		H.R. medido (%)	H.R. Límites (%)	Verificación Cumple/No cumple	H.R. Diseño (%)	H.R. Límites (%)	Verificación
Humedad relativa del aire HR (%)							

Observaciones consultor :

GTA N°8 CONFORT LUMÍNICO

Luz Natural							
Exigencia	Recinto	Iluminancia mantenida plano de trabajo (lux)			Uniformidad		
		Em límite	Em edificio	Verificación	Unif límite	Unif edificio	Verificación Cumple/No cumple
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural							
Observaciones consultor :							

Luz Artificial											
Exigencia	Recinto	Iluminancia mantenida plano de trabajo (lux)			Uniformidad			Tipo de lámpara			
		Em límite	Em edificio	Verificación	Unif límite	Unif edificio	Verificación	Tipo	IRC	Tcp (K)	Verificación Cumple/No cumple
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz artificial											
Observaciones consultor :											

GTA N°9 CONFORT ACÚSTICO

Exigencia	Recintos	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)				
Ruido aéreo fachada (dBA)				
Ruido aéreo Losa entrepiso (dBA)				
Impacto losa entrepiso (dB)				
Tiempo reverberación (s)				
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)				
Ruido aéreo fachada (dBA)				
Ruido aéreo Losa entrepiso (dB)				
Impacto losa entrepiso (dBA)				
Tiempo reverberación (s)				
Observaciones consultor :				

GTA N°10 AHORRO DE AGUA

EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE					
Exigencia	Demanda anual agua potable (m ³)		Valor límite % ahorro	Porcentaje ahorro edificio	Verificación Cumple/No cumple
	Edificio referencia	Edificio			
Porcentaje de ahorro de agua potable respecto de la demanda anual (%)					
Observaciones consultor :					

Firmas responsables proyecto EE coordinado.

V°B°, nombre y firma
Contratista

V°B°, nombre y firma
Consultor en Eficiencia Energética

V°B°, nombre y firma
Inspector Fiscal de Consultoría

	<h2 style="margin: 0;">EFICIENCIA ENERGÉTICA DA MOP</h2> <p style="margin: 0;">INFORME DE RESULTADOS – VERIFICACIÓN TDR_e CITEC UBB</p>	<h3 style="margin: 0;">FICHA TDR_e</h3> <p style="margin: 0;">INFORME N° FECHA PÁG</p>
---	---	--

FASE POST OCUPACIONAL	
Proyecto	
Mandante	
Año	
Director Regional	
Jefe de Proyecto Regional	
Inspector fiscal DA MOP	
Consultor	
Especialista	

GTA N°1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO				
1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO					
1.1	Identificación				
	Nombre del Edificio				
	Destino				
	Usuario				
	Año	Ficha EDI	Código BIP		
1.2	Ubicación				
	Dirección				
	Calle	N°			
	Comuna	Ciudad	Región		

1.3	Emplazamiento y descripción				Orientación: <input type="checkbox"/>
1.4	Tipo de agrupamiento				
	Aislado	Pareado	Continuo		
1.5	Entorno				
	Urbano	Semiurbano	Rural		
1.6	Fuentes de energía				
	Eléctrica pública	Gas natural	Solar térmica		
	Eléctrica generador	Gas licuado	Solar fotovoltaica		
	Carbón	Biomasa - leña	Eólica		
	Otros	Combustible fósil	Geotérmica		
1.7	Sistema de calefacción				
	Sistema de refrigeración				
	Sistema de ventilación				
	Sistema de iluminación				
1.8	Persona de contacto				
	Nombre		Cargo		
	Teléfono		e-mail		
(Detalle en páginas posteriores)					

2. DATOS CLIMÁTICOS BÁSICOS DE LA LOCALIDAD			
2.1	Coordenadas		
	Latitud		Longitud
2.2	Zonas		
2.2.1	Zona Climática (NCh1079)		
2.2.2	Zona Térmica (OGUC)		
2.3	Datos climáticos		
	Temperaturas	Unidad	Valor
	Media anual	°C	
	Media máxima anual	°C	
	Media mínima anual	°C	
	Insolación	Enero - Wh/m ² día	
		Julio - Wh/m ² día	
	Soleamiento	Horas sol	
	Humedad relativa	%	
	Nubosidad	Enero - décimas	
		Junio - décimas	
	Precipitación	mm	
	Vientos predominantes	velocidad - m/s	
		dirección	
Fuente: (Respaldo de la cualificación)			

3. ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO		
	Estrategia Proyecto	Descripción estrategia
3.1	Orientación	
3.2	Factor de Forma	
3.3	Zonificación interior	
3.4	Protección del Acceso	
3.5	Estrategias de calentamiento pasivo	
3.6	Estrategias de enfriamiento pasivo	
3.7	Estrategias de ventilación natural	
3.8	Estrategias iluminación natural	
3.9	Materialidad	

4. ARQUITECTURA DEL EDIFICIO						
4.1	Niveles					
	Sobre nivel de terreno (s/t)					
	Bajo nivel de terreno (b/t)					
4.2	Superficies por nivel	s/t	m²	Superficies por nivel	b/t	m²
		1		-1		
		2		-2		
		3		-3		
		4		-4		
		Otros		Otros		
	Superficies Parciales	s/t		Superficie Parciales	b/t	
	Superficie Total					

NOTA: El tamaño del espacio para PLANTAS Y ELEVACIONES puede ser modificado para una mejor lectura del proyecto.

4.3	Plantas	
4.3.1	Nivel	Piso 1

OTROS NIVELES

4.4	Elevaciones
4.4.1	Norte

4.4.2	Sur
-------	-----

4.4.3	Oriente
-------	---------

4.4.4	Poniente
-------	----------

4.5	Cortes
4.5.1	A-A'

OTROS CORTES

4.6	3D
4.6.1	

OTROS 3D

5. ARQUITECTURA Y DETALLES DE LOS RECINTOS REPRESENTATIVOS

RECINTO 1	
Destino	:
Horario Ocupación	
N° de Ocupantes	
Equipamiento	
Sistema de Calefacción	
Sistema de Refrigeración	
Sistema de Ventilación	
Sistema de Iluminación	
Área Piso (m ²)	
Altura Recinto (m)	
Volumen Recinto (m ³)	
Área Puertas (m ²)	
Área Ventanas (m ²)	

Tipo Piso - color	
Coeficiente de reflexión piso (%)	
Tipo de Muro - color	
Coeficiente de reflexión muro (%)	
Techumbre	
Cielos Falsos - color	
Coeficiente de reflexión cielo (%)	
Divisiones Interiores	
Tipo de Ventana	
Transmisión luminosa VT	
Tipo Puerta	

Planta de Ubicación	Orientación: <input type="checkbox"/>

Elevación Principal



Corte esquemático



OTROS RECINTOS: 10% de los recintos totales del edificio con un máximo de 4. Pueden ser más en acuerdo entre consultor y mandante.

GTA N°2	AHORRO DE ENERGÍA
----------------	--------------------------

LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) – ELEMENTOS ENVOLVENTE				
Exigencia	Elemento Envoltente	Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) Envoltente (W/m ² °K)	Cubierta			
	Muro de fachada			
	Pisos en contacto con el terreno			
	Pisos ventilados			
Observaciones consultor :				

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA DE VANOS SEGÚN PORCENTAJE DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos	Valores U		
			Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Transmitancia térmica máxima (U) por % vanos acristalados y orientación (W/m ² °K)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Sur				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

FACTOR SOLAR MODIFICADO SEGÚN % DE VANOS ACRISTALADOS Y ORIENTACIÓN					
Exigencia	Orientación de fachada	% Vanos	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Factor solar modificado por % de vanos acristalados y orientación (s/d)	Fachada Norte				
	Fachada Este				
	Fachada Oeste				
Observaciones consultor :					

PERMEABILIDAD AL AIRE DE VENTANAS				
Exigencia	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja				
Observaciones consultor :				

PERMEABILIDAD AL AIRE – FACHADA ENVOLVENTE			
Exigencia	Valor Límite con Sistema Mecánico de Ventilación	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Cambios de aire (1/h) a 50 Pa			
Observaciones consultor :			

DEMANDA DE ENERGÍA kWh/m² año			
Exigencia	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Demanda de calefacción (kWh/m ² año)			
Demanda de refrigeración (kWh/m ² año)			
Observaciones consultor :			

GTA N°3		RENDIMIENTO DE LAS INST. TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN Y/O REFRIGERACIÓN			
Exigencia	Tipo equipo (Bomba de calor, Caldera aerotérmica, etc.)	Sectores climatizados	Valor límite Rendimiento(%) / COP / SFP	Valor equipo edificio	Verificación Cumple/No cumple
Rendimiento (%) / COP / SFP según potencia y/o tipo de equipo					
Observaciones consultor :					

GTA N°4		EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN							
Recintos	Exigencia								
	Iluminancia media en plano de trabajo (lux)			Demanda energética (W/m ²)			Eficiencia lumínica (lm/W)		
	Valor límite	Medido Edificio	Verificación	Valor límite	Medido Edificio	Verificación	Valor límite	Medido Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Observaciones consultor :									

GTA N°5		CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA						
Exigencia	Zona Climática de Radiación Solar **	Demanda diaria ACS Edificio (Lts/día)	Energía para ACS- Edificio (MJ/año)	Energía para ACS- Instalación Solar (MJ/año)	Contribución Solar Mínima Exigida (%)	Contribución Solar del sistema solar térmico del Edificio (%)	Verificación Cumple/No cumple	
Porcentaje de Contribución Energética Solar para calentamiento de agua sanitaria (%)								
Observaciones consultor :								

GTA N°6 CONFORT AMBIENTAL

CALIDAD DE AIRE INTERIOR														
Exigencia	Recintos	Caudal Diseño (l/s)	Carga ocupacional		Tasas de ventilación límites recomendadas				Caudal teórico (l/s)	Efectividad distribución (Ez)	Rango caudal admisible (l/s)(1)		Valor edificio Caudal Medido (l/s)	Verificación Cumple/No cumple
			Personas	Área (m ²)	Por persona (l/s p)	Total persona (l/s p)	Por área (l/s m ²)	Total área (l/s)			Mínimo	Máximo		
Suministro Flujo de Aire Ventilación														
Observaciones consultor : Nota (1): El valor inferior del rango es igual a la tasa de ventilación límite por persona multiplicado por el número de persona más la tasa de ventilación límite por área multiplicado por el área del recinto. El valor superior del rango es igual al valor inferior más un 20%.														

Exigencia	Recinto	% tiempo límite	% Tiempo de Ocupación Medido Bajo 1000ppm	Verificación Cumple/No cumple
Concentración de CO ₂				
Observaciones consultor :				

Exigencia	Recinto	Clase de permeabilidad por zona	Clase de ventana edificio	Verificación Cumple/No cumple
Clase de permeabilidad al aire de ventanas de fachada				
Observaciones consultor :				

GTA N°7 CONFORT HIGROTÉRMICO

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		
		T medido (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple	T medido (°C)	T Límites (°C)	Verificación Cumple/No cumple
Temperatura operativa To (°C)							
Observaciones consultor :							

Exigencia	Recinto	Invierno (Sistema Pasivo)				Verano (Sistema Pasivo)			
		T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft medido en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple	T Límites (°C) Confort adaptativo	Ft Limite (%)	Ft medido en zona de Confort Adaptativo (%)	Verificación Cumple/No cumple
Frecuencia de Temperatura operativa Ft (%)									
Observaciones consultor :									

Exigencia	Recinto	Invierno (calefacción)			Verano (refrigeración)		Verificación
		H.R. medido (%)	H.R. Límites (%)	Verificación Cumple/No cumple	H.R. Diseño (%)	H.R. Límites (%)	Verificación Cumple/No cumple
Humedad relativa del aire HR (%)							
Observaciones consultor :							

GTA N°8 CONFORT LUMÍNICO

Luz Natural							
Exigencia	Recinto	Iluminancia mantenida plano de trabajo (lux)			Uniformidad		
		Em límite	Em edificio	Verificación	Unif límite	Unif edificio	Verificación Cumple/No cumple
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz natural							
Observaciones consultor :							

Luz Artificial											
Exigencia	Recinto	Iluminancia mantenida plano de trabajo (lux)			Uniformidad			Tipo de lámpara			
		Em límite	Em edificio	Verificación	Unif límite	Unif edificio	Verificación	Tipo	IRC	Tcp (K)	Verificación Cumple/No cumple
Iluminancia horizontal plano de trabajo- luz artificial											
Observaciones consultor :											

GTA N°9 CONFORT ACÚSTICO

Exigencia	Recintos	Valor límite	Edificio	Verificación Cumple/No cumple
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)				
Ruido aéreo fachada (dBA)				
Ruido aéreo Losa entrepiso (dBA)				
Impacto losa entrepiso (dB)				
Tiempo reverberación (s)				
Ruido aéreo muro divisorio (dBA)				
Ruido aéreo fachada (dBA)				
Ruido aéreo Losa entrepiso (dB)				
Impacto losa entrepiso (dBA)				
Tiempo reverberación (s)				
Observaciones consultor :				

GTA N°10 AHORRO DE AGUA

EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE					
Exigencia	Demanda anual agua potable (m ³)		Valor límite % ahorro	Porcentaje ahorro edificio	Verificación Cumple/No cumple
	Edificio referencia	Edificio			
Porcentaje de ahorro de agua potable respecto de la demanda anual (%)					
Observaciones consultor :					

Firmas responsables proyecto EE coordinado.

<p>V°B°, nombre y firma Contratista</p>
<p>V°B° , nombre y firma Consultor en Eficiencia Energética</p>
<p>V°B° , nombre y firma Inspector Fiscal de Consultoría</p>

