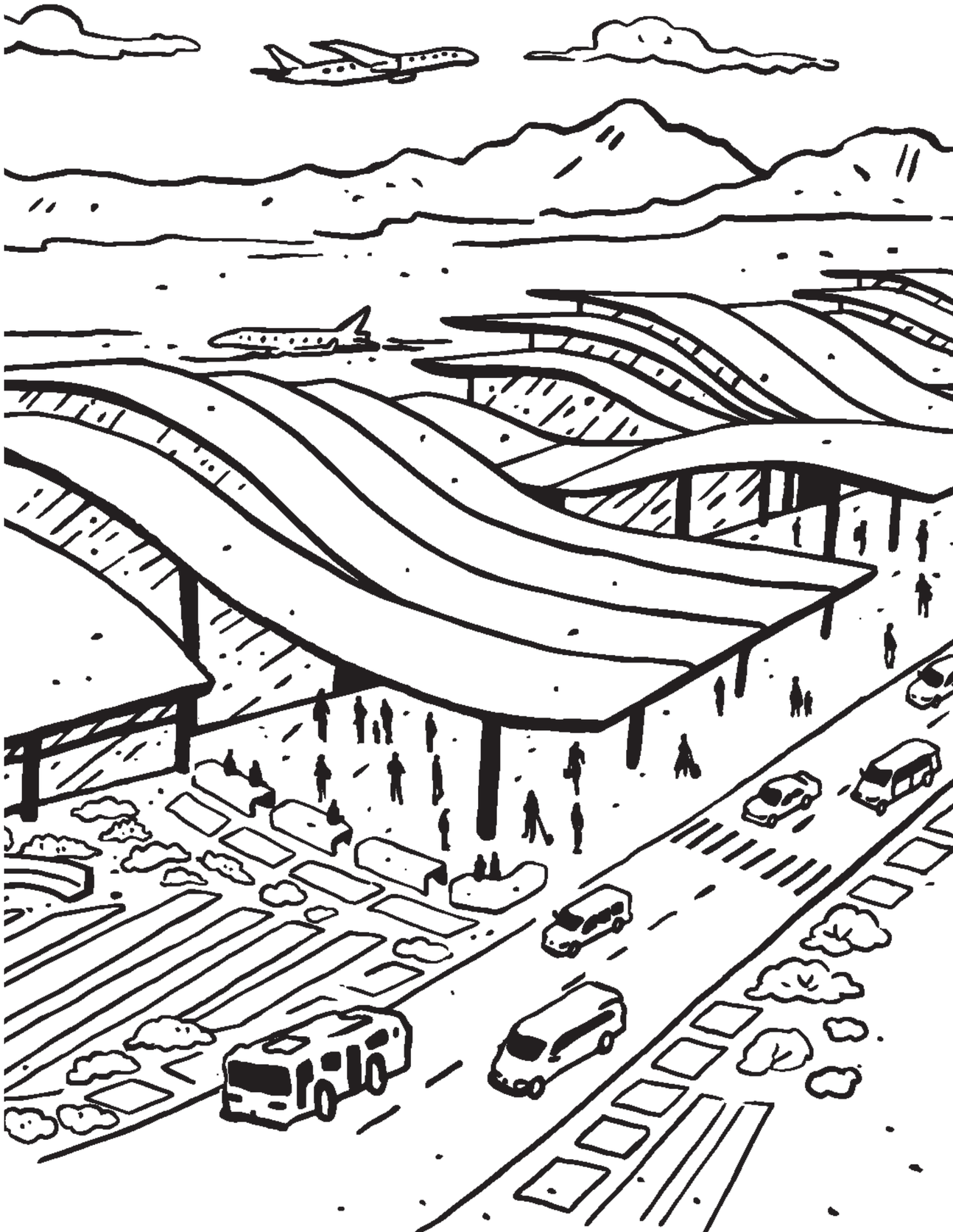
La Concepción 322, Of. 902, Providencia, Santiago
Teléfono: +56 (2) 2235 06 05
e-mail: contacto@certificacionsustentable.cl
www.certificacionsustentable.cl

# CES Aeropuertos

**VERSIÓN 1**
**junio de 2025**



CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE

# CES Aeropuertos

**VERSIÓN 1**
**junio de 2025**

CES

CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE

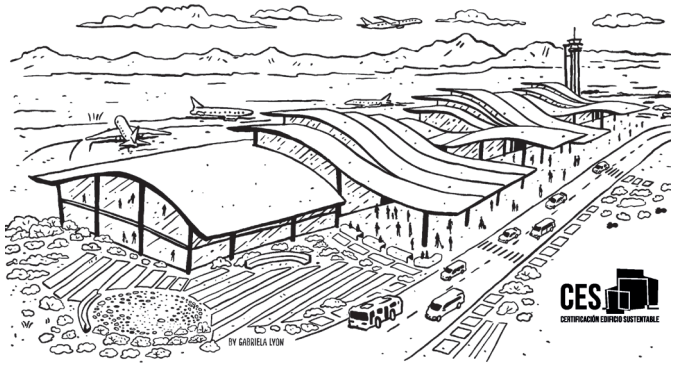
BY GABRIELA LYON

# Manual de Evaluación y Calificación

CES
CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE

**CES AEROPUERTOS**
**VERSIÓN 1.0**
**JUNIO DE 2025**

**LA VERSIÓN CES AEROPUERTOS DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE ES UN RESULTADO DEL TRABAJO COLABORATIVO CON LA DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DAP MOP.**



# 1. Equipo de Trabajo

## Administración CES

| | |
|---|---|
| Jefe CES | Sr. Hernán Madrid C. |
| Profesional CES | Sra. Romy Luckeheide C. |

## Comité Directivo CES

| | |
|---|---|
| Presidente | Sr. Ricardo Fernandez O.<br>Instituto de la Construcción |
| Vicepresidenta | Sra. Margarita Cordaro C.<br>Ministerio de Obras Públicas |
| Cámara Chilena de la Construcción | Sr. Norman Goijberg R. |
| Colegio de Arquitectos de Chile A.G. | Sra. Paola Molina O. |
| | Sra. Bárbara Rodriguez D. |
| Instituto de la Construcción | Sr. Sergio Vera A. |
| Ministerio de Vivienda y Urbanismo | Sra. Macarena Ortiz A. |
| | Sr. Yerko Jeria V. |
| Ministerio de Energía | Sr. Vittorio Tronci I. |
| | Sr. Ignacio Sanchez L. |

Junto con el trabajo y participación de las instituciones Mandantes e Interesadas, los resultados del sistema Certificación Edificio Sustentable han sido posibles gracias al trabajo y la colaboración adicional de otras instituciones, empresas y personas, quienes participaron en forma puntual o reiterada en el proyecto por medio de su participación en el Comité Técnico.

## Comité Técnico CES Aeropuertos 1.0

| | |
|---|---|
| DAP MOP | Sra. Martita Molina |
| | Srta. Tamara Vega |
| | Srta. Annabella Arteaga |
| | Srta. Silvia Hojas |
| | Sra. Evelyn Reid |
| | Sr. Paulo Epul |
| | Sra. Karen Jara |
| | Sr. Walter Kaempfe |
| FAIC | Sr. Ricardo Jara |
| | Sr. Francisco Chávez |
| | Sr. Alexis Galaz |
| | Sra. Camila Nuñez |
| | Sr. Erick Pasten |
| | Sra. María Luisa del Campo |
| | Sr. Francisco Mateo |
| | Sr. Juan Pablo Cárdenas |
| | Sr. Mauricio Romero |
| | Sr. Gonzalo Sepúlveda |
| | Sr. Cristian Garín Stuardo |
| | Sr. Felipe Ossio |
| | Sr. Felipe Varas |
| | Sr. Marco Rivera |
| | Sr. Luis Morales |
| | Sr. Claudio Pérez |
| | Sr. Jaime Artigas |

Registro de propiedad intelectual N° 241537
Primera edición Junio 2025
Segunda edición Mayo 2026
ISBN: 978-956-8070-22-9
Diseño y Diagramación: Paola Femenías

Se permite la reproducción parcial o total de esta manual para efectos no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

# Índice


## Aspectos generales | 12

1. Introducción **14**
2. Objetivo y alcances de la Certificación Edificio Sustentable **14**
3. Proceso de certificación **14**
4. Estructura **17**
5. Tipos de evaluación **21**

## Requerimientos calidad del ambiente interior (CAI) | 23

## Requerimientos de energía | 49

## Requerimientos de agua | 63

## Requerimientos de emisiones | 75

## Requerimientos Economía Circular, materiales y residuos (EC / M&R) | 81

## Requerimientos de gestión | 93

## Requerimientos de innovación | 103

## Apéndice para procedimientos de cálculo | 107


1. Apéndice 1: Clasificación de recintos y valores de referencia **109**
2. Apéndice 2: Zonas climáticas **115**
3. Apéndice 3: Metodología Confort Térmico Pasivo **132**
4. Apéndice 4: Calidad del aire, ventilación natural – aplica sólo para pequeños aeródromos **133**
5. Apéndice 5: Calidad del aire. Ventilación mecánica **137**
6. Apéndice 6: Acústico. Aislamiento ruido aéreo **139**
7. Apéndice 7: Acústico. Aislación acústica **141**
8. Apéndice 8: Acústico. Acondicionamiento acústico **150**
9. Apéndice 9: Demanda y Consumo de energía **152**
10. Apéndice 10: Demanda de Agua Caliente Sanitaria **167**
11. Apéndice 11: Definición de orientación y Cálculo de Factor Solar Modificado **170**
12. Apéndice 12: Hermeticidad de la envolvente **175**
13. Apéndice 13: DAP **178**
14. Apéndice 14: Iluminación Artificial **180**
15. Apéndice 15: Características de programas especializados de simulación de Energías Renovables e Iluminación Artificial **196**
16. Apéndice 16: Hoja de cálculo tipo para carga térmica **202**
17. Apéndice 17: Determinación de la energía primaria consumida **205**

18. Apéndice 18: Agua. Zonas de precipitación y niveles de reducción **206**
19. Apéndice 19: Agua. Cálculo de reducción de consumo **208**
20. Apéndice 20: Agua. Sistemas de captación y reutilización de agua **214**
21. Apéndice 21: Agua. Paisajismo **216**
22. Apéndice 22: Agua. Paisajismo Riego **232**
23. Apéndice 23: Carbono Contenido **234**
24. Apéndice 24: Diseño Integrado de Anteproyecto **236**
25. Apéndice 25: Innovación: Energías limpias y electromovilidad **240**
26. Apéndice 26: Innovación: Net Zero **244**
27. Apéndice 27: Cambio Climático **246**
28. Apéndice 28: Infraestructura verde y azul **248**
29. Apéndice 29: Variable social **252**
30. Apéndice 30: Sello Plus Operación **255**
31. Recomendaciones para Criterios de Mantenimiento (Para la Gestión de la Operación y Mantenimiento) **257**

## Glosario y definición | 261

# Aspectos generales

# 1. Introducción

El sistema Certificación Edificio Sustentable se compone de dos partes:

- Evaluación y Calificación, en base a un conjunto de requerimientos obligatorios y voluntarios, metodologías de cálculo, escalas, ponderaciones y umbrales, contenidos en una guía o **Manual de Evaluación y Calificación**, en la versión que corresponda.
- Certificación, en base a un conjunto de procedimientos, protocolos y reglamentos, y en general todos los elementos necesarios para que el sistema pueda operar. La descripción de estos elementos está contenida en una guía o **Manual de Operación**.

El presente documento corresponde al Manual de Evaluación y Calificación para la versión Aeropuertos versión 1.0.

Se incluyen en este documento los siguientes aspectos: objetivo, alcances, estructura de variables, requerimientos obligatorios y voluntarios, puntajes y umbrales, escalas de cumplimiento, condiciones de evaluación, metodologías de cálculo.

# 2. Objetivo y alcances de la Certificación Edificio Sustentable

El objetivo del sistema es evaluar, calificar y certificar el grado de sustentabilidad ambiental del edificio, entendiendo ésta como la capacidad de un edificio de lograr niveles adecuados de calidad ambiental interior, con un uso eficiente de recursos y baja generación de residuos y emisiones.

El sistema de certificación podrá ser aplicado a **edificios de uso público**, es decir aquel con destino "equipamiento", que se definen como "construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala"[1], y sin diferenciar propiedad y/o administración pública o privada.

Este sistema podrá ser aplicado a edificios de uso público con cualquier carga ocupacional, siendo condición mínima que posea al menos un recinto "regularmente ocupado", según definición del **Apéndice 1**.

Sin perjuicio de lo anterior, para esta versión 1.1 para edificios de uso público, se ha acotado su aplicación a los edificios con los siguientes destinos o "clases de equipamiento"[2], tanto nuevos como existentes, sin diferenciar administración o propiedad pública o privada:

- Terminales de pasajeros
- Refugios de pasajeros

# 3. Proceso de certificación

A continuación, se presenta un resumen del proceso de certificación, el cual se explica en forma detallada en el Manual de Operación.

## 3.1 Objetivo y alcances del proceso

El objetivo de la certificación es que una tercera parte independiente verifique que las características del edificio que opta a certificar cumplen con los requerimientos definidos en el Manual de Evaluación y Calificación, en la versión que postule.

Para ello, el sistema de certificación establece sus propias reglas, procedimientos y forma de administración, buscando asegurar la imparcialidad, transparencia y eficacia de la certificación.

## 3.2 Etapas del Sistema

El Sistema contempla la precertificación y certificación respecto del cumplimiento de un conjunto de requerimientos obligatorios y voluntarios que entregan puntaje, y contempla adicionalmente un sello opcional para la etapa de operación, ordenados de la siguiente manera:

- Precertificado: Se evalúa la arquitectura e instalaciones del edificio, con un diseño terminado.
- Certificado: Se evalúa la arquitectura, instalaciones y construcción del edificio, con la obra terminada.
- Sello Plus Operación: Se evalúa la gestión durante la operación del edificio.

No es requisito contar con precertificación para postular a certificación del edificio.

1 OGUC 2013 artículo 1.1.2.
2 OGUC 2013 artículo 2.1.33.

## 3.3 Actores

Para que un sistema de evaluación y calificación sea certificable, se requiere de organismos o entidades calificadas, que verifiquen el cumplimiento de los requerimientos bajo ciertos procedimientos. Asimismo, el sistema requiere ser administrado por una entidad independiente, de modo de supervigilar el proceso de certificación, mantener la documentación y los registros actualizados y disponibles, y generar la difusión necesaria para incentivar el uso del sistema.

En base a lo anterior, los actores que se contemplan para operar este sistema de certificación son los siguientes:

- Entidad Administradora
- Entidades Evaluadoras
- Asesores CES
- Clientes del Sistema

Para la definición de los roles de los actores del sistema, se considera lo siguiente:

- La Entidad Administradora emite el certificado, supervigila y fiscaliza el proceso.
- La Entidad Evaluadora realiza la evaluación y verificación de cumplimiento de los requerimientos de un edificio o proyecto que postula al proceso de certificación.
- El cliente postula a un edificio o proyecto al proceso de certificación, puede apoyarse en un Asesor CES, pero su participación no es obligatoria para obtener la certificación.

## 3.4 Etapas y productos

El proceso de certificación consta de dos etapas, precertificación y certificación propiamente tal, agregándose las acciones correspondientes al sello plus operación en el caso en que se solicite.

La precertificación se establece principalmente como una instancia de evaluación de la etapa de diseño que permite introducir mejoras en su arquitectura e instalaciones y en forma adicional permite al cliente realizar declaraciones validadas por una tercera parte respecto a las características ambientales y de eficiencia energética de su edificio, en forma previa o durante su construcción.

La precertificación podrá aplicar a proyectos en las siguientes instancias:

- Proyecto con su diseño de arquitectura y especialidades ya terminado.
- Proyecto en etapa de construcción
- Proyectos ya construidos (existentes) que serán sujetos a mejoramiento de su arquitectura e instalaciones (*retrofit*) en al menos un 50% de su superficie regularmente ocupada.

Los proyectos ya construidos (existentes) que serán sujetos a mejoramiento o retrofit en menos un 50% de su superficie regularmente ocupada, deberán optar a la versión CES Edificios Existentes.

La certificación se obtiene, en general, una vez que se ha efectuado la recepción de la obra, que en el caso de los edificios dentro de un recinto aeroportuario a la Dirección de Aeropuertos MOP (DAP MOP) o a la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Para otorgar la certificación el edificio debe cumplir con dos condiciones en paralelo:

1. Informe de Evaluación aprobado, con al menos puntaje suficiente para el primer nivel de certificación
2. Recepción final, de acuerdo con lo indicado en el párrafo anterior.

El sello plus operación es una certificación adicional y opcional, que tiene por objetivo promover la mantención en el tiempo de las condiciones con las que el edificio se certificó, se basa en operar bajo el esquema de mejoramiento continuo de la gestión medioambiental y energética del edificio, lo que debe ser registrado en el tiempo.

## 3.5 Comprobación

Para comprobar el cumplimiento de los requerimientos obligatorios y voluntarios se contemplan una serie de procedimientos, los que se resumen a continuación en función de la etapa de proyecto:

- **Precertificación:** Una vez inscrito el proyecto, el cliente podrá solicitar la evaluación de precertificación, presentando la información de general del proyecto y los antecedentes técnicos de cada requerimiento al que postula, obligatorios y voluntarios. La entidad evaluadora verificará el cumplimiento de cada requerimiento y entregará un informe.
- **Certificación:** El cliente podrá solicitar una evaluación final de certificación, adjuntando una declaración de mantención o modificación de los materiales, condiciones de diseño, sistemas y artefactos respecto a los declarados en la etapa de precertificación.

En caso de que durante la construcción existan modificaciones que afecten las condiciones con que se precertificó el proyecto, deberá adjuntarse la documentación actualizada necesaria para volver a evaluar los requerimientos que se vean afectados por ellas.

El procedimiento contempla la(s) visita(s) a obra por la entidad evaluadora para verificar la correcta ejecución de los aspectos evaluados en la etapa de diseño, así como los requerimientos de la etapa de construcción.

En cualquier caso, la entidad evaluadora podrá solicitar información adicional de proyecto al cliente en forma previa o posterior a la visita de evaluación, y podrá realizar visitas durante el avance de las obras.

- **Sello plus operación:** Habiendo obtenido la certificación, o en paralelo a este proceso, el cliente podrá solicitar este sello suscribiendo un compromiso de cumplimiento las condiciones del sello plus operación.

La Entidad Administradora deberá recibir anualmente por parte del cliente y/o administrador un informe de autodiagnóstico de la operación del edificio con la información mínima requerida para mantener el sello. Luego del quinto año de operación se deberá renovar el sello plus operación mediante una evaluación del proceso de operación por parte de una entidad evaluadora.

# 4. Estructura

## 4.1 Introducción

Para este sistema de certificación se ha puesto énfasis en que la estructura u orden de los requerimientos no respondan solamente a una separación por temáticas o categorías, sino que consideren también la dinámica que existe entre los distintos aspectos de un edificio y que influyen en su comportamiento ambiental.

Los edificios son considerados infraestructuras que deben entregar las condiciones adecuadas para que sus usuarios realicen diversas actividades en su interior; en este caso a dichas condiciones se las engloba con el concepto de **Calidad del Ambiente Interior (CAI)**. En la CAI influyen la arquitectura y construcción del edificio (sistemas pasivos), para luego ser complementado por las instalaciones (sistemas activos). También influyen en la CAI aspectos asociados al tipo de uso y operación del edificio. El grado de influencia de cada factor dependerá de cada edificio.

En su operación, los edificios consumen recursos, en este caso **agua y energía** asociados principalmente al funcionamiento de los sistemas activos. A su vez, se obtienen como resultado de este proceso, externalidades en forma de **residuos** y **emisiones** de gases.

## 4.2 Estructura general

La precertificación y la certificación se basa en el cumplimiento de un conjunto de variables, desagregadas en requerimientos obligatorios y requerimientos voluntarios que entregan puntaje, y un requerimiento adicional que entrega el sello plus operación. Los requerimientos voluntarios poseen una ponderación o importancia relativa en el conjunto, lo que se traduce en un puntaje. La escala de puntaje corresponde a un máximo de 100.

El ámbito general del comportamiento ambiental de un edificio se ha centrado en seis aspectos temáticos:

1. Calidad del Ambiente Interior

2. Energía

3. Agua

4. Huella de carbono

5. Economía circular, materiales y residuos

5. Gestión

6. Innovación

Estas temáticas se han agrupado en cuatro categorías:

a. Diseño pasivo (Arquitectura)
b. Diseño de sistemas activos (Instalaciones)
c. Construcción
d. Operación

Figura 1: Matriz de puntaje por temáticas y categorías que conforman el sistema.

## 4.3 Puntajes y rangos

Dada la naturaleza compleja o multi-variable de la matriz o modelo, se optó por abordar la construcción de escalas, ponderadores, puntajes y umbrales, en base a una metodología del tipo "ingeniería en la toma de decisiones", específicamente un proceso analítico jerárquico o AHP (Analytic Hierarchy Process), en su opción "*Group Decision Making*", en el cual intervienen una serie de expertos representativos, cuyas percepciones son transformadas en una escala única.

Para obtener la certificación se deberá cumplir con los requerimientos obligatorios y mediante los requerimientos voluntarios obtener como mínimo 30 puntos. A partir de este mínimo, se establecen tres rangos, en base al indicador global del edificio, en una escala de 100 puntos.

- Certificado: 30 a 54,5 puntos.
- Certificación Destacada: 55 a 69,5 puntos
- Certificación Sobresaliente: 70 a 100 puntos

## 4.4 Formato

Las requerimiento se presentan en un formato tipo ficha. Existe una primera sección con fichas de todos los requerimientos obligatorios, y luego una ficha con los requerimientos voluntarios. En general, las fichas de ambos tipos de requerimientos se encuentran estructuradas en función de las siguientes partes:

**a. Identificación**
- Código, nombre y puntaje: identifica el requerimiento y su puntaje máximo, en el caso de los voluntarios.

**b. Generalidades**
- Indicador: Identifica que es lo que se mide y su unidad, si la hubiese.
- Ámbito: Define en qué tipo de recintos, tipo de edificios, o fase, son aplicables los requerimientos de la variable.
- Definición: Entrega información adicional para entender la variable y su indicador.
- Objetivo: Define cual es el "espíritu" de los requerimientos. Permite distinguir la importancia de abordar la variable en cuestión.

**c. Requerimiento obligatorio:** Condiciones de mínimas del sistema de certificación, que el edificio debe cumplir para poder optar a certificarse.

**d. Requerimientos voluntarios:** Detallan qué se debe cumplir y cuántos puntos se otorgan, a través de una tabla de puntaje. Dicha tabla define los niveles, rangos, y el puntaje.
Un requerimiento puede tener más de una opción de evaluación, en función de distintos indicadores, y/o más de una alternativa de cálculo para determinar un indicador.

**e. Condiciones de evaluación:** Puede detallar, de ser necesario, los siguientes aspectos:
- Opciones de evaluación. Define las opciones de evaluación del requerimiento, y bajo qué condiciones puede utilizarse una opción u otra.
- Alternativas de metodología de cálculo. Define la metodología y los cálculos que deben realizarse.
- Relación con otros requerimientos. Referido principalmente a puntajes que pueden ser obtenidos en función del cumplimiento de otras variables.

**f. Apéndice.** Entrega información más específica sobre opciones de evaluación y metodología de cálculo. Los apéndices son independientes de las fichas y se agrupan al final del documento.

## 4.5 Cuadro resumen

En el siguiente cuadro se resumen las variables, sus requerimientos obligatorios, requerimientos voluntarios y sus puntajes, en función de la zona climática y el destino del edificio.

| | Variable | | | | Nombre del indicador | CES 1.0 Aeropuertos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Todas las zonas |
| CAI. Calidad del Ambiente Interior 18,0 | 01 Confort térmico | Activo | 1.1 | Actualizado | Reducción % horas de disconfort anuales | 8,0 |
| | 02 Confort visual | Pasivo | 2R.1 | Actualizado | Factor luz día o iluminancia útil | Obligatorio |
| | | Activo | 2R.2 | Actualizado | Condiciones de diseño mínimas: iluminancia mínima, IRC y UGR | Obligatorio |
| | | Pasivo | 2.1 | CES V1.1. | Aporte de iluminación natural | 4,0 |
| | | Pasivo | 2.2 | CES V1.1 | Acceso visual al exterior | 1,0 |
| | 03 Confort acústico | Pasivo | 3R.1 | Actualizado | Aislamiento acústico de fachada + cubierta | Obligatorio |
| | | Pasivo | 3.1 | Actualizado | Aislamiento acústico de fachada + cubierta | 2,0 |
| | | Pasivo | 3.2 | Actualizado | Aislamiento acústico entre recintos | 1,0 |
| | | Pasivo | 3.3 | Actualizado | Tiempo de reverberación / Inteligebilidad de la palabra | 2,0 |
| | | Activo | 3.4 | Actualizado | Control del ruido proveniente de equipos | 1,0 |
| | | Activo | 3.5 | Nuevo | Zonas de silencio | 1,0 |
| | 04 Calidad del aire | Pasivo | 4R.1 | CES V1.1. | Tasas mínimas de ventilación | Obligatorio |
| | | Activo | 4R.2 | CES V1.1. | Eficiencia mínima filtraje | Obligatorio |
| | | Activo | 4R.3 | CES V1.1. | Sistemas de climatización | Obligatorio |
| | | Activo | 4.1 | CES V1.1. | Tasas renovación de aire, aumento caudal y filtraje | 6,0 |
| Energía 30,0 | 05 Demanda de energía | Pasivo | 5R.1 | CES V1.1. | Transmitancia térmica envolvente y factor solar modificado | Obligatorio |
| | | Pasivo | 5.1 | Actualizado | Reducción de la demanda anual de energía | 12,0 |
| | 06 Hermeticidad de la envolvente | Pasivo | 6R.1 | CES V1.1 | Especificación de sello | Obligatorio |
| | | Pasivo | 6.1 | CES V1.1 | Infiltración de aire envolvente y permeabilidad al aire de ventanas | 2,0 |
| | 07 Consumo de energía | Activo | 7R.1 | CES V1.1 | Aislación térmica en distribución de calor y frío | Obligatorio |
| | | Activo | 7R.2 | CES V1.1 | Declaración de rendimiento nominal | Obligatorio |
| | | Activo | 7R.3 | CES V1.1 | Definir Condiciones de Climatización | Obligatorio |
| | | Activo | 7.1 | Actualizado | Reducción del consumo anual de energía | 12,0 |
| | 08 Energías renovables | Activo | 8.1 | CES V1.1 | Cobertura de consumo de energía primaria del edificio con ERNC | 4,0 |
| Agua 14,0 | 09 Agua Paisajismo | Pasivo | 9R.1 | CES V1.1 | Reducción 20% de la evaporación | Obligatorio |
| | | Pasivo | 9.1 | Actualizado | Disminución de la evapotranspiración | 2,0 |
| | | Pasivo | 9.2 | Nuevo | Paisajismo xerofilo | 1,0 |
| | 10 Agua consumo humano | Activo | 10R.1 | Actualizado | Reducción 20% consumo por griferías y artefactos | Obligatorio |
| | | Activo | 10.1 | Actualizado | Disminución de consumo de agua potable | 4,0 |
| | 11 Agua sistemas | Activo | 11.1 | Nuevo | Reutilización de aguas (grices y/o torres enfriamiento) | 4,0 |
| | | Activo | 11.2 | Actualizado | Tratamiento para la remoción de dureza de agua | 1,0 |
| | 12 Agua de riego | Activo | 12R | CES V1.1 | Reducción 20% de consumo de agua para riego | Obligatorio |
| | | Activo | 12.1 | Actualizado | Disminución del consumo de agua para riego | 2,0 |
| Emisiones 10,0 | 13 Huella de carbono | Activo | 13.1 | CES V1.1 | Huella de carbono en la operación (consumos energía) | 4,0 |
| | | Pasivo | 13.2 | Nuevo | Huella de carbono contenida en el edificio | 4,0 |
| | | Activo | 13.3 | Nuevo | Integración ACA | 2,0 |

| | Variable | | | | Nombre del indicador | CES 1.0 Aeropuertos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Todas las zonas |
| Economía circular - M&R 10,0 | 14 Materiales sustentables | Pasivo | 14.1 | CES V1.1 | Declaración ambiental de productos (DAP) | 2,0 |
| | | Activo | 14.2 | Nuevo | Reutilización de materiales | 2,0 |
| | 15 Diseño modular | Pasivo | 15.1 | Nuevo | Diseño dmodular / Plan de desmontaje | 3,0 |
| | 16 Gestión de residuos | Pasivo | 16R.1 | CES V1.1 | Medidas de control y mitigación durante la construcción | Obligatorio |
| | | Pasivo | 16R.2 | Actualizado | Plan de gestión de residuos | Obligatorio |
| | | Pasivo | 16R.3 | CES V1.1 | Declaración de generación de residuos | Obligatorio |
| | | Pasivo | 16.1 | Actualizado | Separación, control y reciclaje de residuos de construcción | 3,0 |
| Gestión 10,0 | 17 Diseño integrado | Diseño | 17.1 | CES V1.1 | Generación de condiciones para diseño integrado | 3,0 |
| | 18 Operación | Construcción | 18.1 | Nuevo | Verificación de sistemas y medición | 2,0 |
| | | Operación | 18.2 | Nuevo | Sistema de control y medición (agua / EC / energía / CAI) | 2,0 |
| | | Operación | 18.3 | Nuevo | Concientización uso de recursos | 2,0 |
| | | Construcción | 18.4 | Actualizado | Equipamiento para gestión de residuos | 1,0 |
| | 19 Sello plus operación | Operación | 19.1 | CES V1.1 | Compromiso y plan de mejora continua | - |
| Inno´vación 6,0 | 20 Energías limpias y electromovilidad | Activo | | Nuevo | (V) Carga, reabastecimiento y electrolineras (internos) | Elegir dos requerimientos puntaje máximo de 3 puntos cada uno |
| | | Activo | | Nuevo | (V) Promoción uso vehículos sostenibles (externos) | |
| | | Activo | | Nuevo | (V) Espacio almacenamiento y operación unidas de potencia H2 | |
| | 21 Net zero | Activo | | Nuevo | (V) Net zero energía | |
| | | Activo | | Nuevo | (V) Net zero carbono (construcción y operación) | |
| | 22 Cambio climático | Activo | | Nuevo | (V) Diseño activo resiliente (proyectos temperatura y lluvia) | |
| | | Activo | | Nuevo | (V) Uso de agua desalinizada | |
| | 23 Infraestructura verde y azul | Activo | | Nuevo | (V) Techos verdes / jardines veticales / parques interiores | |
| | | Activo | | Nuevo | (V) Reducción efecto isla de calor | |
| | 24 Sustentabilidad social | Activo | | Nuevo | (V) Promover bienestar de las comunidades eledañas | |
| | | Activo | | Nuevo | (V) inclusión espacios uso comunitario | |

| | |
|---|---|
| **Total base** | **100,0** |
| **Puntos adicionales** | **6,0** |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **CAI - Calidad Ambiente Interior** | **25,0** |
| 2 | **ENERGÍA** | **30,0** |
| 3 | **AGUA** | **14,0** |
| 4 | **HUELLA DE CARBONO** | **10,0** |
| 5 | **M & R - ECONOMÍA CIRCULAR** | **10,0** |
| 6 | **GESTIÓN** | **10,0** |
| 7 | **INNOVACIÓN** | **6,0** |

# 5. Tipos de Evaluación

## 5.1 Evaluación prescriptiva y prestacional

Para efectos de este método, en términos simples, la evaluación prescriptiva se enfoca en las "causas" que influyen en la calidad del ambiente interior y el uso de recursos (energía y agua), fijando criterios determinados tales como valores límite de transmitancia térmica de la envolvente y rendimiento nominal de equipos. Su ventaja es que simplifica la evaluación de cumplimiento, y la desventaja es que no permite analizar las sinergias y efectos indeseados entre diversas causas.

La evaluación prestacional, por su parte y en términos simples, se enfoca en los *"efectos"* en la calidad del ambiente interior y el uso de recursos, fijando requerimientos basados en prestaciones o resultados *(output),* usando los sistemas pasivos y activos como *"inputs".* Se realiza mediante programas informáticos especializados de tipo "dinámico" o planillas de cálculo. Su ventaja es que permite medir sinergias y corregir efectos indeseados, y la desventaja es que requiere de herramientas de análisis y conocimientos específicos para utilizarlas.

Como criterio general, entre más cercana la evaluación a los resultados *"reales"* de comportamiento, la metodología se complejiza. Cuando el edificio a evaluar tiene una baja complejidad, la evaluación prescriptiva es una buena aproximación. Dado lo anterior y como ocurre en otros sistemas, la evaluación prestacional otorga, en general, un mayor puntaje que la evaluación prescriptiva.

En este punto es importante señalar que para esta certificación el objetivo de la evaluación es mejorar el comportamiento ambiental de los edificios, mediante un conjunto de indicadores que, con una buena aproximación al comportamiento del edificio, influyan en la toma de decisiones de diseño e inversión. Los indicadores no son un objetivo en sí mismo, sino herramientas para lograr los objetivos declarados anteriormente.

En base a lo anterior, se han adoptado los siguientes **criterios de evaluación:**

- Cuando existan metodologías y herramientas apropiadas, siempre se permitirá la evaluación prestacional mediante cálculo "dinámico", utilizando programas informáticos especializados.
- Se permitirán cálculos simplificados que permita una buena aproximación prestacional en edificios que cumplan con ciertas condiciones de borde, definidas para cada variable, Para tales efectos se utilizará la herramienta de cálculo disponible para este sistema de certificación.
- Se permitirá la evaluación prescriptiva en edificios que cumplan con ciertas condiciones de borde, definidas para cada variable.
- Se exigirá una verificación, en la fase de construcción, de la correcta ejecución de los sistemas pasivos y activos evaluados en la etapa de diseño.
- Se incentivarán los compromisos para una correcta operación de los sistemas y hábitos de uso.
- Las variables no podrán evaluarse simultáneamente en forma prescriptiva o prestacional.

## 5.2 Evaluación Prestacional de Demanda y Consumo de Energía

El requerimiento más sensible al uso de una evaluación u otra es probablemente el de Demanda de Energía y Consumo de Energía. Lo anterior dado que en su resultado influyen una serie de aspectos que interactúan dinámicamente, tales como envolvente térmica, factor solar modificado, ventilación natural y mecánica, iluminación natural y artificial, sistema de climatización, sistemas de control, entre otros.

Para efectos de este sistema de certificación, se ha separado la evaluación de la demanda de energía de la evaluación del consumo de energía, con el objetivo de incentivar las "estrategias pasivas" del diseño arquitectónico por sobre las "estrategias activas" de las instalaciones. De lo anterior no se debe entender en ningún caso que las estrategias activas no son necesarias; al contrario, son fundamentales para el correcto funcionamiento del edificio y la adecuada entrega de sus prestaciones, por ejemplo, de calidad del ambiente interior.

Los requerimientos de Demanda de Energía consideran la evaluación de las características de la envolvente del edificio. Por otra parte, los requerimientos de Consumo de Energía consideran la evaluación de los consumos de energía en iluminación artificial interior y exterior, calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente sanitaria, y otros consumos (computadores y otros artefactos, sistemas de transporte, bombas, y en general todos los consumos finales del edificio). Asimismo, considera la reducción del consumo de energía mediante el aporte de Energía Renovables no Convencionales y sistemas de cogeneración.

En resumen, la evaluación de la reducción de Demanda de Energía y de Consumo de Energía requiere una combinación de las características arquitectónicas y de las instalaciones, tanto del edificio objeto o propuesto, como de un edificio de referencia, generando así distintos modelos de dónde obtener los indicadores, tal como se indica en la siguiente tabla.

| | **Características de las instalaciones** | |
|---|---|---|
| **Características arquitectónicas** | Sistemas activos propuestos | Sistemas activos de referencia |
| Edificio objeto o propuesto | Modelo 1 | Modelo 3 |
| Edificio de referencia | Modelo 2 | Modelo 4 |

De cada modelo pueden obtenerse indicadores de demanda de energía y consumo de energía (cuando se utiliza un programa informático especializado). Luego, para cumplir con los requerimientos se deberán realizar las siguientes comparaciones:

- La reducción en la Demanda de Energía se realizará comparando los **indicadores de demanda** de los modelos 1 y 2.
- La reducción en el Consumo de Energía se realizará comparando los **indicadores de consumo** de los modelos 1 y 3.

Por último, para fines informativos de la reducción estimada total de energía, podrán compararse los indicadores de consumo de los modelos 1 y 4. (Para efectos del cumplimiento de los requerimientos, no será necesario realizar el modelo 4).

El uso de la opción de evaluación prestacional de Consumo de energía no exime al proyecto de cumplir con los requisitos obligatorios.

# Requerimientos calidad del ambiente interior (CAI)

| CAI 1.1 | Confort Térmico: Reducción horas de disconfort |
|---|---|
| **8 puntos** | |
| **Indicadores** | **Reducción [%] disconfort [hrs al año]** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | El confort térmico es una variable fundamental de la calidad ambiental y habitabilidad de los edificios debido a su relación directa con la salud y bienestar de las personas. Se espera que el edificio provea de condiciones de confort térmico superiores a las entregadas por el clima de la región donde se ubica el edificio. |
| **Objetivo** | Disminuir el periodo de tiempo en el cual los usuarios de una edificación se encuentren fuera del rango de confort térmico. Controlando las condiciones térmicas al interior de los recintos se mejora la productividad y se evita efectos negativos sobre la salud de los usuarios. |
| **Requerimiento obligatorio** | Ver 5R: Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar modificado |

**Requerimiento voluntario**

Disminuir las horas en que la combinación de humedad relativa y temperatura operativa están fuera del rango de confort según el estándar ASHRAE 55-2004 o ISO 7730, comparado a un edificio de referencia, en términos porcentuales, utilizando un software especializado.
La evaluación se realizará mediante la comparación con los resultados de horas de disconfort del edificio propuesto con el edificio de referencia, en base a lo definido en el Apéndice 3.
Dependiendo de la envergadura del aeropuerto se aplicará la opción 1 o 2.

**Opción 1: Gran escala (aeropuertos y aeródromos)**

| Nivel | Reducción horas de disconfort | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|
| | A-B-C-D-F | E-G-I-H +R.Crusoe | +Rapa Nui | |
| Muy bueno | ≥35% | ≥30% | ≥25% | 8 |
| Bueno | ≥30% | ≥25% | ≥20% | 6 |
| Aceptable | ≥25% | ≥20% | ≥15% | 4 |
| Suficiente | ≥15% | ≥15% | ≥10% | 2 |

**Opción 2: Pequeña escala (pequeños aeródromos)**

| Nivel | Reducción horas de disconfort | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|
| | A-B-C-E-G-I +R.Crusoe | D-F | H +Rapa Nui | |
| Muy bueno | ≥40% | ≥30% | ≥25% | 8 |
| Bueno | ≥30% | ≥25% | ≥20% | 6 |
| Aceptable | ≥20% | ≥15% | ≥15% | 4 |
| Suficiente | ≥10% | ≥10% | ≥10% | 2 |

## Condiciones de evaluación

**Metodología de cálculo:**
Para determinar el porcentaje de mejora, se compararán las horas de disconfort térmico del edificio proyectado con las de un edificio de referencia. Las características que deberá tener el edificio de referencia se definen en el **Apéndice 9.**

Para el cálculo se deberá utilizar programa informático especializado que cumpla con las características señaladas en el **Apéndice 9.**

**Cálculo dinámico – temperatura operativa y HR:**
Se deberá utilizar el estándar ASHRAE 55 que tiene como objetivo establecer las condiciones térmicas aceptables para los ocupantes de los edificios, de acuerdo con un conjunto de factores asociados al ambiente interior (temperatura, radiación térmica, humedad y velocidad del aire), así como a los propios ocupantes (nivel de actividad y vestimenta).

La ASHRAE con su modelo adaptativo permite determinar las condiciones térmicas aceptables en espacios con control natural por parte de los ocupantes que cumplan con los siguientes criterios:

- No hay un sistema de enfriamiento mecánico o sistema de calefacción en funcionamiento.
- Los ocupantes representativos tienen tasas metabólicas que van de 1,0 a 1,5 met.
- Los ocupantes son libres de adaptar su vestimenta a las condiciones térmicas.

**Las horas de disconfort que tiene el establecimiento se determinan a partir de los límites de aceptabilidad del 80% tal como lo indica el estándar.**

Para el cálculo se evaluarán todos los recintos regularmente ocupados (se descartan estacionamientos, baños, cocinas, circulaciones, bodegas), tanto del edificio de referencia como del edificio objeto.

Se podrá simplificar el modelo de simulación creando bloques térmicos o agrupación de recintos por uso y orientación según lo establecido en la **sección 3.2 del Apéndice 9: Demanda y Consumo de Energía,** del presente manual. También, se podrá realizar la multiplicación de los resultados de pisos tipo en los casos que dichos pisos tengan una distribución de recintos y usos idénticos, diferenciando el piso que está en contacto con el terreno y el que posee la techumbre del edificio.

Si el edificio no considera sistemas de climatización:
Para que un edificio pueda prescindir de sistemas de climatización, deberá demostrar utilizando un cálculo dinámico, la reducción de un 15% las horas anuales de ocupación del edificio que se encuentre fuera del rango de confort. En términos absolutos y no comparados con un edificio de referencia. En estos casos se considerará que es un edificio pasivo que no requiere del apoyo de sistemas activos.

| CAI 2R1 | Confort visual – Pasivo: Iluminación natural |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Factor Luz Día / Iluminancia útil [%] / Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA300/50%)** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | El confort visual es la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con las condiciones de iluminación interior, de forma tal que permitan cubrir las necesidades de trabajo y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto.<br>Factor Luz Día: Medida de iluminancia de luz natural interior en una posición dada, expresada como un porcentaje de las iluminancias exteriores.<br>Iluminancia útil: Porcentaje (%) del tiempo en que el plano de trabajo está dentro de un rango de iluminancia recomendada para el espacio o tarea visual.<br>Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA): Porcentaje (%) del área de análisis que está dentro de los niveles de iluminación natural adecuados dentro de un periodo de operación determinado a lo largo del año. |
| **Objetivo** | Maximizar el aporte de luz natural a través de los elementos transparentes de la envolvente del edificio, para aumentar los niveles de confort visual y disminuir los consumos energéticos en iluminación artificial. |

**Requerimiento obligatorio**

**Opción 1: Factor Luz Día (FLD) ≥ 2**
Se deberá verificar que el factor luz día es igual o superior a 2 para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen, respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados.
Para el cálculo de FLD se deberá utilizar un programa informático especializado.

**Opción 2: Iluminancia útil**
Se deberá corroborar el cumplimiento de la iluminancia útil mínima indicada en la Tabla 1 para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen, respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados, dentro de su horario de operación en un año completo.

Tabla 1: Iluminancia útil mínima por zona climática.

| Mínimo por zonas térmicas | | | |
|---|---|---|---|
| **A – B – H (1)** | **C – D – E – H (2)** | **G – F – I (1)** | **I (2)** |
| 50% | 40% | 30% | 20% |

H (1): Andina Norte: Hasta Límite norte de comunas de Cabildo y Putaendo
H (2): Andina Centro: Desde comunas de Cabildo (incluidas) y Putaendo hasta limite norte de Comuna de Antuco
I (1): Región de Aysén
I (2): Región de Magallanes

El cálculo de iluminancia útil utiliza el rango estándar de 100 lux a 2000 lux.

**Opción 3: Cálculo de Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (Spatial Daylight Autonomy)**
Se deberá corroborar el cumplimiento de la Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA300/50%) indicada en la Tabla 2 para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen, respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados, en un año completo, mediante programa computacional.

Tabla 2: Iluminancia útil mínima por zona climática.

| Mínimo por zonas térmicas | | | |
|---|---|---|---|
| **A – B – H (1)** | **C – D – E – H (2)** | **G – F – I (1)** | **I (2)** |
| 50% | 40% | 30% | 20% |

Realizar una simulación computacional horaria entre las 08:00 y las 18:00 hrs, de enero a diciembre con pro¬grama informático especializado.

## Condiciones de evaluación

**Opción 1: Cálculo de Factor Luz Día (FLD)**
Se deberá utilizar un programa informático especializado para verificar en los recintos regularmente ocupados que el factor luz día alcanza alguno de los niveles establecidos.

**Opción 2: Cálculo de Iluminancia útil**
Mediante cálculos realizados con programa informático especializado. El cálculo de iluminancia útil se basa en el rango estándar de 100 lux a 2000 lux implícitamente en los programas informáticos.

**Opción 3: Cálculo de Autonomía de iluminación natural del espacio (Spatial Daylight Autonomy)**
Realizar una simulación computacional horaria entre las 08:00 y las 18:00 hrs, de enero a diciembre con programa informático especializado, para calcular el porcentaje de la superficie de las áreas regularmente ocupadas que cumplen con la autonomía de iluminación natural del espacio (sDA300/50%).

**Deslumbramiento:** El cálculo del índice probabilidad de deslumbramiento por luz natural DGP (Daylighting Glare Probability) debe ser determinado por medio de software especializado, basándose en los siguientes parámetros: iluminancia vertical en los ojos, brillo de la luminancia de la fuente, ángulo sólido del brillo e índice de posición de la fuente de encandilamiento. Ver metodología en el punto 7 del Apéndice 13. Ver características del Programa informático especializado para cálculo de Factor Luz Día, Iluminancia útil y Deslumbramiento en el Apéndice 14: Características de programas especializados de simulación de Energías Renovables e Iluminación Artificial.

## Metodología

El cumplimiento se evalúa para cada recinto regularmente ocupado del edificio, tanto en recintos perimetrales como en recintos ubicados hacia el interior.

Cada recinto regularmente ocupado debe cumplir con un 75% de la superficie total del recinto.

Luego se debe sumar la superficie de los recintos que cumplen con el requerimiento y posteriormente se calcula su porcentaje respecto al total del área de recintos regularmente ocupados, de este modo se verifica el porcen¬taje de superficie exigida de un 75%.

**Exclusiones**
Revisar los recintos que no aplican para este requerimiento en **Apéndice 1: Clasificación de recintos y valores de referencia.**

En general se excluyen recintos tales como salas de museo, auditorios, teatros, salas dedicadas a videoconferencia.

| CAI 2R2 | Confort visual - Activo: Condiciones de diseño mínimas |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | • **Iluminancia mínima [lux]**<br>• **Deslumbramiento [UGR] de las luminarias**<br>• **Rendimiento cromático [IRC] de las fuentes lumínicas**<br>• **Uniformidad media [Um]** |
| **Ámbito** | **Recintos regularmente ocupados del edificio, según Apéndice 1** |
| **Definición** | La iluminancia es el flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.<br>El deslumbramiento es la incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación con las cercanías a las que el ojo está adaptado.<br>El rendimiento cromático es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color relativamente a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón.<br>La Uniformidad media es la relación entre la iluminancia del área de la tarea y la iluminancia de los espacios circundantes. |
| **Objetivo** | Los sistemas de iluminación artificial deberán diseñarse y calcularse de tal forma que cumplan con los valores mínimos e iluminancia, control del deslumbramiento y rendimiento cromático. |

**Requerimiento obligatorio**

**Alumbrado interior:** El proyecto de iluminación deberá contar con un 100% de a superficie de los espacios regularmente ocupados con luminarias que cumplan con el Pliego Técnico Normativo RIC N°10 SEC-División de Ingeniería de Electricidad.

Los parámetros mínimos de calculo que se tienen que obtener, para cada recinto regularmente ocupado, son:
- Iluminancia media mantenida (Em) en el plano de trabajo.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.
- Índice de rendimiento de Colores (Ra).
- Uniformidad

**Alumbrado exterior:** Para el alumbrado exterior de los edificios de se deberá dar cumplimiento a lo señalado en la norma D.S N°1/2022 MMA.

Para la evaluación de los índices UGR y rendimiento cromático ICR deberán considerarse todas las luminarias de los recintos regularmente ocupados. Cada luminaria deberá cumplir con los requerimientos establecidos.

En el caso que existan más de un tipo de luminaria en un recinto se considerará la característica lumínica de la luminaria más desfavorable en la evaluación del recinto.

Para el cálculo de Uniformidad se podrán considerar zonas de trabajo, en recintos regularmente ocupados, presentando lo siguiente:
- Un plano tipo de habilitación con mobiliario, propuesto por arquitectura.
- Consideraciones para determinar las zonas de trabajo.

**Condiciones de evaluación**

Revisar **Apéndice 13**

| CAI 2.1 | Confort visual: Aporte Iluminación natural |
|---|---|
| **4 puntos** | |
| **Indicadores** | **Factor Luz Día / Iluminancia útil [%] / Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA300/50%)**<br>**Índice probabilidad de deslumbramiento por luz natural (DGP)** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | El confort visual es la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con las condiciones de iluminación interior, de forma tal que permitan cubrir las necesidades de trabajo y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto.<br>Factor Luz Día: Medida de iluminancia de luz natural interior en una posición dada, expresada como un porcentaje de las iluminancias exteriores.<br>Iluminancia útil: Porcentaje (%) del tiempo en que el plano de trabajo está dentro de un rango de iluminancia recomendada para el espacio o tarea visual.<br>Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA): Porcentaje (%) del área de análisis que está dentro de los niveles de iluminación natural adecuados dentro de un periodo de operación determinado a lo largo del año. |
| **Objetivo** | Maximizar el aporte de luz natural a través de los elementos transparentes de la envolvente del edificio, para aumentar los niveles de confort visual y disminuir los consumos energéticos en iluminación artificial. |
| **Requerimiento obligatorio** | Ver 2R1: Factor Luz Día o Iluminancia útil mínimos |
| **Requerimiento voluntario** | |

**Opción 1: Factor Luz Día (FLD) ≥ 2**
Se deberá verificar el nivel asociado al factor luz día para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen, respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados, de acuerdo con la siguiente tabla:

| Nivel | Rangos | Puntaje |
|---|---|---|
| Bueno | ≥ 5,0 y ≤ 10,0 | 2 |
| Aceptable | >2,0 y < 5,0 | 1 |

**Opción 2: Iluminancia útil**
Se deberá verificar el nivel asociado a la iluminancia útil para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados, dentro de su horario de operación en un año completo, de acuerdo con la siguiente tabla:

| Nivel | A – B – H (1) | C – D – E – H (1) | G – F – I (1) | I (2) | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|
| Muy bueno | ≥80% | ≥70% | ≥60% | ≥50% | 3 |
| Bueno | ≥70% | ≥60% | ≥50% | ≥40% | 2 |
| Aceptable | ≥60% | ≥50% | ≥40% | ≥30% | 1 |

H (1): Andina Norte: Hasta Límite norte de comunas de Cabildo y Putaendo
H (2): Andina Centro: Desde comunas de Cabildo (incluidas) y Putaendo hasta limite norte de Comuna de Antuco
I (1): Región de Aysén
I (2): Región de Magallanes

El cálculo de iluminancia útil utiliza el rango estándar de 100 lux a 2000 lux.

**Opción 3: Cálculo de Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (Spatial Daylight Autonomy)**
Se deberá corroborar el cumplimiento de la Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA300/50%) indicada en la Tabla 3 para al menos un 75% de la superficie de los recintos que cumplen, respecto de la superficie total de recintos regularmente ocupados, en un año completo, mediante programa computacional.

Tabla 3: Iluminancia útil mínima por zona climática.

| Nivel | A – B – H (1) | C – D – E – H (2) | G – F – I (1) | I (2) | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|
| Muy bueno | ≥95% | ≥90% | ≥85% | ≥80% | 3 |
| Bueno | ≥80% | ≥75% | ≥70% | ≥65% | 2 |
| Aceptable | ≥60% | ≥55% | ≥50% | ≥45% | 1 |

Realizar una simulación computacional horaria entre las 08:00 y las 18:00 hrs, de enero a diciembre con pro¬grama informático especializado. Ver detalle de cumplimiento en Consideraciones de antecedentes a entregar.

### 2.1.2 Deslumbramiento (Puntaje adicional)

Junto con el cálculo de aporte de luz natural en base a cualquiera de las tres opciones descritas anteriormente, se podrá demostrar como el edificio controla el deslumbramiento por efecto de la luz natural de los espacios críticos y que tengan acceso a luz natural, mediante el cumplimiento del índice de probabilidad de deslumbramiento DGP.

| Nivel | Rangos | Puntaje |
|---|---|---|
| Perceptible | ≤ 40% | 1 |

No es requerido evaluar todos los espacios del edificio respecto al deslumbramiento, solo se pedirá este cálculo para un espacio representativo de cada una de las condiciones críticas.

Se consideran espacios con condiciones críticas los que se usan constantemente por los usuarios del edificio, por ejemplo, escritorios de trabajo.

**Condiciones de evaluación**

**Opción 1: Cálculo de Factor Luz Día (FLD)**
Se deberá utilizar un programa informático especializado para verificar en los recintos regularmente ocupados que el factor luz día alcanza alguno de los niveles establecidos.

**Opción 2: Cálculo de Iluminancia útil**
Mediante cálculos realizados con programa informático especializado. El cálculo de iluminancia útil se basa en el rango estándar de 100 lux a 2000 lux implícitamente en los programas informáticos.

**Opción 3: Cálculo de Autonomía de iluminación natural del espacio (Spatial Daylight Autonomy)**
Realizar una simulación computacional horaria entre las 08:00 y las 18:00 hrs, de enero a diciembre con programa informático especializado, para calcular el porcentaje de la superficie de las áreas regularmente ocupadas que cumplen con la autonomía de iluminación natural del espacio (sDA300/50%).

**Deslumbramiento:** El cálculo del índice probabilidad de deslumbramiento por luz natural DGP (Daylighting Glare Probability) debe ser determinado por medio de software especializado, basándose en los siguientes parámetros: iluminancia vertical en los ojos, brillo de la luminancia de la fuente, ángulo sólido del brillo e índice de posición de la fuente de encandilamiento. Ver metodología en el punto 7 del Apéndice 13. Ver características del Programa informático especializado para cálculo de Factor Luz Día, Iluminancia útil y Deslumbramiento en el Apéndice 14: Características de programas especializados de simulación de Energías Renovables e Iluminación Artificial.

## Metodología

**Aporte de luz natural (opciones 1, 2 y 3):** El cumplimiento se evalúa para cada recinto regularmente ocupado del edificio, tanto en recintos perimetrales como en recintos ubicados hacia el interior.

Cada recinto regularmente ocupado debe cumplir con un 75% de la superficie total del recinto.

Luego se debe sumar la superficie de los recintos que cumplen con el requerimiento y posteriormente se calcula su porcentaje respecto al total del área de recintos regularmente ocupados, de este modo se verifica el porcen¬taje de superficie exigida de un 75%.

**Exclusiones:** Revisar los recintos que no aplican para este requerimiento en **Apéndice 1: Clasificación de recintos y valores de referencia.**

En general se excluyen recintos tales como salas de museo, auditorios, teatros, salas dedicadas a videoconferencia.

| CAI 2.2 | Confort visual: Acceso visual hacia el exterior |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje [%] de áreas con acceso visual al exterior** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | Porcentaje [%] de áreas regularmente ocupadas con acceso visual al exterior |
| **Objetivo** | Establecer un porcentaje mínimo de acceso visual al exterior para los usuarios del edificio. |

**Requerimiento voluntario**
Acceso visual al exterior para al menos un 75% útil de las áreas regularmente ocupadas.

**Condiciones de evaluación**

Sólo se considerará como vista al exterior aquella que posee al menos dos de las siguientes características: i) flora (naturaleza) o cielo, ii) movimiento y iii) objetos distanciados al menos 7,5 metros al exterior de la ventana o muro cortina.

No se considerará ventana con vistas al exterior las que en su base parten a una altura de 1,2 m o superior. Sólo se considerará como acceso visual al exterior aquel comprendido entre una altura de 75 cm y 225 cm.

En sección, no podrán existir obstáculos, sin embargo, el acceso visual se podrá considerar a través de dos cristales como máximo, (un cristal adicional al de la ventana), por ejemplo, a través de un tabique interior transparente o una mampara. En el caso de cristales serigrafiados se aceptarán siempre que permitan tener visión hacia el exterior con un 75% de área traslúcida como mínimo, dentro del rango de visión, es decir, entre una altura de 75 cm y 225 cm.

Para oficinas privadas, podrá considerarse el total de la superficie útil si un 75% o más de dicha superficie tiene acceso visual al exterior. Para espacios con múltiples usuarios, sólo se considerará la superficie exacta con acceso visual al exterior.

**Excluir**
Revisar los recintos que no aplican para este requerimiento en Apéndice 1: Clasificación de recintos y valores de referencia. Se excluyen otros recintos tales como salas de museo, auditorios, teatros, salas dedicadas a videoconferencia.

**Metodología**

El cumplimiento se evalúa para cada recinto regularmente ocupado del edificio, tanto en recintos perimetrales como en recintos ubicados hacia el interior.

Se debe sumar la superficie de los recintos que cumplen con el requerimiento y posteriormente calcular su porcentaje respecto al total del área de recintos regularmente ocupadas, de este modo se verifica el porcentaje de superficie exigida de un 75%.

La documentación entregada debe representar a través de un corte, para cada recinto evaluado, como los usuarios tienen acceso visual tanto sentados como de pie.

| CAI 3R1 | Confort acústico: Aislación mínimo de fachadas y cubiertas |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Índice de reducción sonora Rw (dB), Diferencia de niveles normalizado para fachadas D2m,nT,A (dB).** |
| **Ámbito** | **Todas las fachadas expuestas tanto a ruido vehicular como a ruido de tráfico aéreo** |
| **Definición** | El confort acústico es la situación en que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para la comunicación y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto. El aislamiento del ruido es la propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora. |
| **Objetivo** | Proveer de espacios acústicamente confortables para pasajeros y visitantes limitando el ruido que ingresa a través de elementos de fachada, y que espacios con usos diversos tengan una adecuada separación acústica. |
| **Requerimiento obligatorio** | |

**Opción 1: Evaluación prescriptiva**
Para Red Primaria, Secundaria, Pequeños Aeródromos o aeropuertos/aeródromos que cuenten con operaciones militares deben cumplir con los niveles de aislación mínimos Rw de la Tabla 4.
El aislamiento acústico para terminales de la Red primaria, secundaria y pequeños aeródromos se obtendrá por cálculo utilizando la planilla CES aeropuertos que usa como base NCh 3307:2013 (parte 3) en base al ED 2024 Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, o soluciones constructivas indicadas en el Apéndice 6 , o fichas técnicas válidas de los materiales utilizados.

Tabla 4: Aislación mínima de elementos de fachada y cubiertas

| Tipología de Aeródromo | Rw |
|---|---|
| Red primaria u operaciones militares | 40 dB |
| Red Secundaria | 30 dB |
| Pequeños Aeródromos | 25 dB |

Fuente: Elaboración propia

**Opción 2: Evaluación prestacional**
Para Red Primaria, Secundaria, Pequeños Aeródromos o aeropuertos/aeródromos que cuenten con operaciones militares se debe cumplir con los niveles de aislación mínimos D2m,nT,A de la Tabla 5 según el ruido que posean.
La determinación de nivel de aislación de la envolvente se realizará mediante cálculo por software informático especializado cómo Insul, SoundFlow o similar y luego se debe calcular la aislación equivalente según NCh 3307:2013 (parte 3) o ingresando los valores simulados a la planilla CES aeropuertos.

Tabla 5: Aislación mínima de la envolvente (D2m,nT,A) para recintos regularmente ocupados

| Recinto | Leq en envolvente (dBA) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | < 75 | 75-79 | 80-84 | 85-89 | 90-95 | >96 |
| | Aislación mínima de la envolvente (D2m,nT,A) | | | | | |
| Área counters (check-in) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Área de descanso (soft-seating) | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Área de llegada de vuelos (hall de llegada) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Área de retiro de equipaje | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Área de salidas de vuelos (hall de salida) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Áreas de control (AVSEC, PDI, SAG, Aduanas, otros) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Circulación y pasillos | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Concesiones comerciales (Tiendas) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Estar para personal de losa | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Oficinas servicios dependiente de operaciones | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Oficinas servicios públicos (independientes operaciones) | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Restaurantes y cafeterías (exc. Preparación, sala residuos) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Restaurantes y cafeterías (preparación, sala residuos) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Sala de embarque (por puente) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Zona de juegos infantiles | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Sala de embarque (remoto) | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Salas de espera embarque | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Salas de espera generales | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Sala de lactancia | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Salas de reuniones y auditorios | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB | 55 dB |
| Kitchenettes | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |
| Camarines / Servicios higiénicos | 25 dB | 30 dB | 35 dB | 40 dB | 45 dB | 50 dB |

Fuente: Elaboración propia en base a Acoustics Asset Standard - Heathrow

## Condiciones de evaluación

**Opción 2:** Para la obtención de niveles de ruido Leq en la envolvente de terminales de la Red Primaria y recintos con operaciones militares se podrán utilizar los siguientes métodos:

- Por modelación de tránsito aéreo. Para dicho efecto se recomienda utilización de Software de modelación Aviation Environmental Design Tool (AEDT) Versión 3 o similar, que utilice la norma AIR 1845 standard.
- Por medición y proyección obtenido de acuerdo con el procedimiento descrito en NCh 2502:2001.

| CAI 3.1 | Confort acústico: Aislación acústica de fachadas y cubiertas |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Índice de reducción sonora Rw (dB), Diferencia de niveles normalizado para fachadas D2m,nT,A (dB).** |
| **Ámbito** | **Todas las fachadas expuestas tanto a ruido vehicular como a ruido de tráfico aéreo.** |
| **Definición** | El confort acústico es la situación en que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para la comunicación y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto. El aislamiento del ruido es la propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora. |
| **Objetivo** | Proveer de espacios acústicamente confortables para pasajeros y visitantes limitando el ruido que ingresa a través de elementos de fachada, y que espacios con usos diversos tengan una adecuada separación acústica. |
| **Requerimiento obligatorio** | Ver 3R1 |

**Requerimiento voluntario**

**Opción 1: Evaluación prescriptiva**
Exceder en 5 dB los niveles de aislación Rw de la Tabla 4. Sólo aeropuertos de red secundaria y pequeños aeródromos pueden obtener puntaje mediante esta opción, aeropuertos de red primaria o terminales expuestos a operaciones militares pueden obtener puntos sólo por opción 2.

**Opción 2: Evaluación prestacional**
Cumplir con los niveles de aislación D2m,nT,A de la Tabla 5, opción válida para todo tipo de terminales.

La determinación de nivel de aislación de la envolvente se realizará mediante cálculo por software informático especializado cómo Insul, SoundFlow o similar y luego se debe calcular la aislación equivalente según NCh 3307:2013 (parte 3) e ingresando los valores simulados a la planilla CES aeropuertos.

**Condiciones de evaluación**

**Opción 2:** Para la obtención de niveles de ruido Leq en la envolvente de terminales de la Red Primaria y recintos con operaciones militares se podrán utilizar los siguientes métodos:

- Por modelación de tránsito aéreo. Para dicho efecto se recomienda utilización de Software de modelación Aviation Environmental Design Tool (AEDT) Versión 3 o similar, que utilice la norma AIR 1845 standard.
- Por medición y proyección obtenido de acuerdo con el procedimiento descrito en NCh 2502:2001.

| CAI 3.2 | Confort acústico: Aislamiento entre recintos interiores |
|---|---|

| | |
|---|---|
| **Indicadores** | **Índice de reducción sonora Rw (dB), Diferencia de niveles normalizado DnT,A (dB) y Nivel de Presión sonora de impacto normalizado L'n,w (dB) .** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio. El nivel de Presión Sonora de impacto sólo aplicará a Oficinas y Salas de Reuniones.** |
| **Definición** | El confort acústico es la situación en que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para la comunicación y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto. El aislamiento del ruido es la propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora. |
| **Objetivo** | Proveer de espacios acústicamente confortables para pasajeros y visitantes limitando el ruido que ingresa a través de que espacios con usos diversos tengan una adecuada separación acústica. |

**Requerimiento voluntario**

Cumplir con el aislamiento acústico [dB] a ruido aéreo (DnT,A) de la tabla 6.1 y 6.2 del apéndice 6, para el 75% de los recintos regularmente ocupados del edificio, colindantes horizontal o verticalmente.

Para el análisis de cada recinto se tomará la aislación acústica compuesta de todo el elemento divisor.

En las oficinas AVSEC, salas de retenidos y sala de lactancia, las divisiones que contengan puertas deben tener una aislación de Rw 45 dB y la puerta un Rw 35 dB, para lograr una buena aislación hacia espacios adyacentes.

Adicionalmente, el nivel de Presión Sonora de Impacto Normalizado, L`n,w máximo, definido según ISO 140-6:1999, debe ser igual o menor a 65 dB para elementos de separación horizontal.

**Condiciones de evaluación**

La determinación de nivel de aislación de los elementos divisores (Rw) se realizará mediante cálculo por software informático especializado cómo Insul, SoundFlow o similar o mediante tablas en Apéndice.

Tablas 6.1 y 6.2 aislamiento ruido aéreo DnT,A (dB)

Método de cálculo en Apéndice 7.3

Planilla de CES cálculo acústico.

| CAI 3.3 | Confort acústico: Tiempo reverberación e inteligibilidad de la palabra |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Tiempo de reverberación (RTMid) y Inteligibilidad de la Palabra (STI)** |
| **Ámbito** | **El tiempo de reverberación aplicará a espacios cerrados. El índice de inteligibilidad de la palabra aplicará a todos los espacios donde se instale un sistema de anunciamiento y evacuación por voz (PA/VA).** |
| **Definición** | El tiempo de reverberación aplicará a espacios cerrados, como salas de reuniones, y áreas de descanso. El índice de inteligibilidad de la palabra aplicará a todos los espacios donde se instale un sistema de anunciamiento y evacuación por voz (PA/VA). |
| **Objetivo** | Proveer de un ambiente adecuado para quienes trabajan en el aeropuerto y que los anuncios del sistema de PA/VA son claramente audibles e inteligibles. |

**Requerimiento voluntario**

**Tiempo de reverberación**

- **Evaluación prestacional:** El criterio de tiempo de reverberación aplicará solamente a recintos regularmente ocupados como, Salas de Reuniones, Salas de espera y Áreas de descanso.

Tabla 6: Limites de tiempo de reverberación

| Tamaño del recinto | $RT_{Mid}$ |
|---|---|
| Espacio cerrado ≤ 283 m³ | 0,6 |
| Espacio cerrado > 283 m³ ≤ 566 m³ | 0,7 |
| Espacio cerrado > 566 m³ | 1,0 |

*RTMid corresponde al promedio aritmético del RT de las bandas de octava de 500Hz, 1kHz y 2kHz

- Para el caso de salas de embarque, áreas de counters o volúmenes de doble o triple altura, el objetivo es lograr un control de reverberación que permita que el sistema de anunciamiento y evacuación por voz (PA/VA) cumpla con los requerimientos de inteligibilidad de la palabra, por lo que no se establece un valor específico para tiempo de reverberación en estos casos.

**Inteligibilidad de la palabra**

- **Opción 1 (Red Primaria y operaciones militares):** Evaluación prestacional: valores mínimos de STI: Nivel de inteligibilidad del habla (STI) deberá ser en promedio 0.5 en todas las áreas, con un valor de 0.45 mínimo en el 90% del área. La relación señal/ruido del sistema deberá ser superior a 15 dB.
- **Opción 2 (Red secundaria y Pequeños Aeródromos):** Para el caso de aeródromos de la Red Secundaria y Red de Pequeños Aeródromos se deberá demostrar mediante herramientas de modelación que la cobertura del sonido directo del sistema de PA/VA cubre de forma adecuada todas las áreas. Para esto se pueden utilizar software gratuito como EASE Focus o alternativas similares de fabricantes de altavoces. Este requerimiento aplica solo en aeródromos en los cuales, por requerimientos del plan de evacuación, se instale un sistema de PA/VA. Demostrar cobertura de 6dB. Alternativamente, para Pequeños aeródromos se puede considerar un altavoz por cada 15 m².

**Condiciones de evaluación**

Para efectos de la evaluación acústica, los recintos se consideran como “vacíos”. Para el cálculo de tiempo de reverberación se deberá ocupar planillas de cálculo.

Para obtención y demostración de valores de STI del sistema de PA/VA se deberá utilizar software especializado de modelación tipo ‘Ray-tracing’ (e.g. CATT-Acoustic, EASE, Odeon). En el caso de que un aeródromo pequeño o de red secundaria que no contemplen sistemas de megafonía y/o altavoces no debiese ser objeto de evaluación de este requerimiento.

| CAI 3.4 | Confort acústico: Control del ruido provenientes de equipos |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **Nivel continuo equivalente con curva de ponderación A Leq (dBA)** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio.** |
| **Definición** | Nivel de ruido proveniente directamente de las instalaciones mecánicas del edificio, y/o transmitidas a la estructura y/o tabiquería del edificio. |
| **Objetivo** | Proveer de espacios acústicamente confortables para pasajeros y trabajadores, a través de medidas de control de ruido y vibraciones. |
| **Requerimiento voluntario** | |

Se debe cumplir con los requerimientos de valores máximos de nivel sonoro proveniente de equipos, utilizando una de las siguientes opciones:

**Opción 1: Evaluación prestacional: Valores máximos de emisión de ruido**
El funcionamiento de las instalaciones no debe provocar un nivel sonoro que supere lo señalado en la Tabla 7. La evaluación del nivel sonoro se debe realizar en cada recinto regularmente ocupado (RRO), sin ocupantes, sin influencia de ruido exterior y con el sistema de climatización y aire acondicionado operando a máxima velocidad.
La emisión de ruido de las instalaciones se obtendrá mediante alguno de los modelos de emisión sonora existentes en la literatura, se debe presentar memoria de cálculo de la modelación y predicción de niveles de ruido.

Tabla 7: Limites de ruido de fondo Leq (dBA) asociado a equipamiento

| Recinto | Bueno |
|---|---|
| Área counters (check-in) | 45 dBA |
| Área de descanso (soft-seating) | 35 dBA |
| Área de llegada de vuelos (hall de llegada) | 45 dBA |
| Área de retiro de equipaje | 50 dBA |
| Área de salidas de vuelos (hall de salida) | 45 dBA |
| Áreas de control (AVSEC, PDI, SAG, Aduanas, otros) | 45 dBA |
| Circulación y pasillos | 45 dBA |
| Concesiones comerciales (Tiendas) | 45 dBA |
| Estar para personal de losa | 40 dBA |
| Oficinas servicios dependiente de operaciones | 40 dBA |
| Oficinas servicios públicos (independientes operaciones) | 40 dBA |
| Restaurantes y cafeterías (exc. Preparación, sala residuos) | 45 dBA |
| Restaurantes y cafeterías (preparación, sala residuos) | 45 dBA |
| Sala de embarque (por puente) | 45 dBA |
| Zona de juegos infantiles | 50 dBA |
| Sala de embarque (remoto) | 45 dBA |

| Recinto | Muy Bueno |
|---|---|
| Salas de espera embarque | 45 dBA |
| Salas de espera generales | 45 dBA |
| Sala de lactancia | 35 dBA |
| Salas de reuniones y auditorios | 35 dBA |
| Salas técnicas | 55 dBA |
| Kitchenettes | 45 dBA |
| Camarines / Servicios higiénicos | 50 dBA |

Fuente: Elaboración propia

**Opción 2: Evaluación prescriptiva: características de las instalaciones**

**a. Condiciones de montajes de los equipos**

- Los equipos se instalarán i) sobre soportes anti-vibratorios elásticos cuando se trate de equipos pequeños y compactos o ii) sobre una bancada de inercia cuando el equipo no posea una base propia suficientemente rígida. Para más detalles de soportes y conectores flexibles ver UNE 100153 IN.
- Se instalarán conectores flexibles a la entrada y salida de las tuberías de los equipos, evitando la transmisión de vibraciones mediante tuberías rígidas, entre los equipos y el resto de la instalación.
- Se usarán rejillas y difusores terminales de aire acondicionado en recintos interiores.
- Se debe contemplar un plan de mantención y limpieza de equipos de acuerdo con lo señalado por el fabricante para evitar que un malfuncionamiento provoque ruido y vibración.

**b. Condiciones de los conductos y equipamiento**

- **Hidráulicas y sanitarias**
  - Los conductos del edificio deberán ir tratados acústicamente para no provocar molestias en los recintos.
  - En el paso de tuberías a través de los elementos constructivos se utilizarán sistemas anti-vibratorios.
  - No deben apoyarse de forma simultánea los radiadores a la losa y fijarse a la pared.
- **Aire acondicionado**
  - Los conductos de aire acondicionado deben ser absorbentes acústicos cuando se requiera y deben utilizarse silenciadores acordes al equipamiento.
  - Se evitará la transmisión de vibraciones desde los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas anti-vibratorios.
- **Ventilación**
  - Los conductos de extracción que discurran dentro de una unidad de uso deben revertirse con elementos constructivos.
  - Cuando un conducto de instalaciones colectivas se adose a un elemento de separación vertical, se revestirá de tal forma que no disminuya el aislamiento acústico de los elementos de separación.
- **Eliminación de residuos**
  - Los conductos de basura deben tratarse para no transmitir ruidos y vibraciones a los recintos.
  - El suelo del cuarto de contenedores debe ser flotante, es decir, debe poseer un elemento acústico entre el pavimento y la estructura del edificio que permita el desacople del ruido por impacto.
- **Ascensores y montacargas**
  - Los sistemas de tracción de los ascensores y montacargas se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante elementos anti-vibratorios. Deberá tener un índice de reducción acústica mayor que 50 dBA
  - Puertas de acceso al ascensor con topes elásticos que aseguren la anulación del impacto contra el marco en las operaciones de cierre.

## Condiciones de evaluación

**Opción 1: evaluación prestacional**
La emisión de ruido de las instalaciones se obtendrá mediante alguno de los modelos de emisión sonora existentes en la literatura, para ello se debe presentar una memoria de cálculo que detalle el proceso de la modelación utilizada. Esta metodología aplica tanto a etapas de diseño como la etapa de construcción del proyecto.

**Opción 2: evaluación prescriptiva**
En la etapa de diseño, se debe demostrar que las recomendaciones respecto de las condiciones de montaje de equipos y las condiciones de los ductos y demás equipamiento han sido consideradas. Por ejemplo, incluir en las especificaciones técnicas (EETT) los detalles y características pertinentes de las instalaciones.
Durante la fase de construcción, será necesario aportar documentación adicional que respalde las condiciones, como, por ejemplo, fotografías, fichas técnicas u otros antecedentes que verifiquen que las instalaciones se han ejecutado conforme a lo especificado en el diseño.
Las fichas técnicas de los equipos deben permitir verificar que se han instalado los soportes anti-vibratorios adecuados para los equipos pequeños y compactos, así como las bancadas de inercia necesarias para los equipos más grandes.
Toda la documentación técnica deberá incluir información sobre los conectores flexibles utilizados en las tuberías de entrada y salida de los equipos, garantizando que se ha evitado la transmisión de vibraciones a través de tuberías rígidas. La planimetría detallada y los planos de instalación deben mostrar claramente que las rejillas y difusores de aire acondicionado han sido correctamente ubicados en las zonas interiores.
Se deben incluir las fichas técnicas de los materiales utilizados en los sistemas de tuberías y los detalles en la planimetría deben confirmar que los conductos hidráulicos y sanitarios están tratados acústicamente. Los planos también deberán evidenciar que los radiadores no están apoyados simultáneamente en la losa y la pared, cumpliendo con los estándares de instalación. Se debe verificar en la documentación de los conductos de aire acondicionado que estos cuenten con materiales absorbentes acústicos y que se hayan instalado los silenciadores cuando corresponda. Los sistemas anti-vibratorios en estos conductos también deberán estar respaldados por fichas técnicas o detalles constructivos en los planos.
Para los sistemas de ventilación y eliminación de residuos, los planos y fichas técnicas deberán mostrar que los conductos de extracción dentro de las unidades están debidamente revestidos, y que los conductos colectivos no reducen el aislamiento acústico de los elementos de separación. Las especificaciones técnicas de los materiales utilizados en los conductos de basura deben confirmar que están diseñados para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones, y los detalles de la construcción del cuarto de contenedores deben demostrar que el suelo flotante está diseñado con un sistema de desacople acústico.
En el caso de los ascensores y montacargas, las fichas técnicas de los sistemas de tracción deben confirmar el uso de elementos anti-vibratorios, asegurando la reducción acústica requerida, mientras que los planos de instalación deben indicar la correcta anulación de impactos en las puertas del ascensor mediante topes elásticos.
Además de la documentación técnica, será necesario presentar las facturas y/o guías de despacho que certifiquen la compra y entrega de los materiales y equipos instalados. En los casos en que las instalaciones no queden a la vista una vez finalizadas, se debe llevar un registro fotográfico que documente las medidas tomadas durante la instalación, asegurando que todos los elementos ocultos cumplan con los requisitos.

| CAI 3.5 | Confort acústico: Zonas de silencio |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **Nivel de decibeles en las zonas de silencio y cantidad de zonas de silencio en terminal.** |
| **Ámbito** | **Toda terminal aeroportuaria** |
| **Definición** | Espacio diseñado para tener baja intensidad sonora con el objetivo de fomentar la concentración y el descanso emocional. |
| **Objetivo** | Crear áreas específicas dentro del terminal donde se garantice un ambiente de bajo ruido, promoviendo el bienestar de los pasajeros que buscan un entorno tranquilo y de mejorar la accesibilidad universal parar personas con características neurodivergentes que necesitan espacios con menor estimulación. |

**Requerimiento voluntario**

Implementar al menos un recinto considerado como **zona de silencio** que cumpla con las condiciones del requerimiento de al menos 9 $m^2$.
Demostrar que las salas de silencio fueron diseñadas conforme a pautas o estándares reconocidos internacionalmente, respaldados por organismos o instituciones de renombre en la materia como lo es la PAS 6463:2022Design for the mind – Neurodiversity and the built environment - Guide.
Se deberá considerar una exposición al ruido de 30 dBA.
(Fuente: exposición promedio al ruido generado para salas de hospitales sin perturbación del sueño según la OMS).

**Condiciones de evaluación**

**Etapa de precertificación:** Adjuntar informe técnico detallado que describa todas las características y especificaciones de la sala de silencio, incluyendo materiales empleados, métodos de insonorización, planimetría de planta y detalles. Este informe debe demostrar claramente que el diseño de las salas de silencio se ha llevado a cabo cumpliendo con normativas y directrices autorizadas, garantizando así su funcionalidad y confort acústico.
**Etapa de certificación:** Cumplir con todas las condiciones de la etapa de precertificación. Además, una vez construido el edificio se debe realizar una medición de ruido interior según la norma NCh2803:2003 en la que se compruebe que el ruido interior dentro de las zonas de silencio no es superior a 30 dB.
**Directrices para la instalación de una zona de silencio**
Las zonas de silencio pueden ser instaladas en diversos espacios según las necesidades del proyecto. No existe una obligación estricta de ubicarlas en áreas específicas; sin embargo, se consideran ciertas localizaciones estratégicas para optimizar su funcionalidad y garantizar un mayor beneficio a los usuarios. Estas ubicaciones permiten maximizar la eficiencia de las zonas de silencio, contribuyendo a la experiencia de tranquilidad y confort en el recinto. Para ello, se deben considerar los siguientes criterios:

a) Alejadas de áreas de tránsito intenso: Es recomendable situarlas lejos de los pasillos principales, donde el constante flujo de personas y el ruido son habituales. Así, se evita que el bullicio interfiera con el propósito de estos espacios.
b) Distanciadas de las puertas de embarque: Las inmediaciones de las puertas de embarque suelen ser ruidosas debido a los anuncios de vuelos y al movimiento constante de pasajeros. Colocar las zonas de silencio lejos de estas áreas asegura una atmósfera más calmada.
c) Cercanas a áreas de relajación: Integrar las zonas de silencio en áreas como lounges o zonas VIP, que ya poseen una atmósfera tranquila y controlada, es una excelente alternativa para ofrecer un espacio armonioso y confortable a los usuarios.
d) En áreas de conexiones internacionales: Los vuelos de larga distancia o con conexiones internacionales pueden ser agotadores. Por ello, es importante disponer de zonas de silencio en estas áreas de tránsito, en que los pasajeros puedan descansar antes de continuar su viaje.
e) Distanciadas de las áreas de equipaje y seguridad: Los puntos de recolección de equipaje y control de seguridad son inherentemente ruidosos y ajetreados. Para mantener la serenidad de las zonas de silencio, deben ubicarse lejos de estas áreas, proporcionando así un refugio alejado del bullicio.
f) Contar con personal capacitado: Como caso particular se tiene al aeropuerto de Pittsburgh, en que se exige contar con personal capacitado para el control del ingreso a las salas y asistir a los pasajeros en el uso de éstas. En la Figura 5-91 se pueden apreciar las normas de uso para zonas de silencio.

| CAI 4R1 | Calidad del aire: Tasas mínimas ventilación |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Caudal de diseño del sistema de ventilación** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | Caudal mínimo de ventilación necesario por superficie de recinto y ocupantes |
| **Objetivo** | Limitar la concentración de $CO_2$ emitidos por los usuarios, ya sea directamente en las zonas de alta ocupación, o por contaminación cruzada entre recintos de uso específico. (1) |

**Requerimiento obligatorio**

**Opción 1: Ventilación mecánica, aplica para Red Principal, Secundaria, Pequeños Aeródromos.**
Todo sistema de ventilación mecánica deberá cumplir con las tasas mínimas de ventilación definidas en el Apéndice: Clasificación de recintos y valores de referencia y el Apéndice: Calidad del aire. Ventilación mecánica.
Se considerará el flujo de aire exterior por zona, calculado en base a cada sistema de ventilación (por ej. UMAs), en un escenario de límite demanda y considerando el factor de efectividad de distribución.
Para la evaluación de los caudales de la ventilación mecánica del edificio se deberá verificar el cumplimiento del requisito obligatorio para cada recinto regularmente ocupado.

**Opción 2: ventilación natural, sólo para pequeños aeródromos.**
La ventilación es una estrategia que se podrá incorporar solo en pequeños aeródromos, considerando los factores de seguridad y normativos que puedan estar implicados en abrir una ventana hacia airside ya que podría ser una vulneración hacia el aérea de movimiento.
Demostrar que la ventilación natural cubre el requerimiento de renovaciones de aire, en al menos el 75% del área de recintos regularmente ocupados, utilizando alguna de las siguientes metodologías:
1) Evaluación en base Metodología de TDRe de la DA MOP
2) Evaluación en base a Metodología Bernoulli
3) Evaluación dinámica, por medio de un sorftware especializado en base a Air-Flow-Networks.

**Opción 3: ventilación mixta: sólo para pequeños aeródromos.**
Demostrar que la ventilación en recintos tanto ventilados mecánicamente como naturalmente cumplen con las condiciones antes señaladas en las opciones 1 y 2. Se debe demostrar el cumplimiento de renovaciones de aire mínimos para cada recinto evaluado, por medio de ventilación mecánica o natural.

**Condiciones de evaluación**

El cumplimiento se evalúa para cada recinto regularmente ocupado del edificio, tanto en recintos perimetrales como en recintos ubicados hacia el interior.
Se debe sumar la superficie de los recintos que cumplen con el requerimiento y posteriormente calcular su porcentaje respecto al total del área de recintos regularmente ocupadas, de este modo se verifica el porcentaje de superficie exigida de un 75%.

1 El dióxido de carbono ($CO^2$) es un gas denso inodoro producido principalmente por la respiración. Una acumulación de este gas en un espacio cerrado conduce a una sensación de pesadez y puede alterar la concentración.
2 La superficie practicable efectiva debe basarse en el área no obstruida, considerando al ángulo efectivo de abertura de la ventana y descontado la influencia de protecciones solares u otros elementos.

## Metodología

**Opción 1**
Revisar metodología en el **Apéndice 5: Calidad del aire.** Ventilación mecánica.

**Opción 2:**
Revisar metodología en el **Apéndice 4: Calidad del aire, ventilación natural – aplica sólo para pequeños.**

Se considerarán como recintos ventilados naturalmente los que cumplan con las siguientes condiciones:

- Los que cuenten con ventanas perimetrales operables o abertura en los techos, con accesibilidad para los usuarios.
- El área de apertura de los recintos interiores, ventilados a través de recintos contiguos, deberán estar abiertas permanentemente y sin obstrucciones, teniendo la abertura una superficie de al menos un 8% de su superficie útil del recinto sin ventanas, y no menos de 2 $m^2$.
- Las ventanas deben permitir al o los usuarios controlar su nivel de apertura.

Cuando se contemplen estrategias distintas al uso de ventanas, por ejemplo, chimeneas de ventilación o "pozo canadiense", se deberá utilizar la metodología 3 de la Opción 2.
Si se utiliza la metodología 3, las tasas de ventilación que se obtienen por el efecto de la ventilación natural deberán ser consideradas en los cálculos de las variables CAI 1.1 Confort Térmico Pasivo y Energía 5. Demanda de Energía.

| CAI 4R2 | Calidad del aire: Eficiencia mínima de filtraje |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Eficiencia promedio de filtraje [% o MERV]** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio** |
| **Definición** | La eficiencia de filtraje es la capacidad de un elemento, un filtro, para remover y reducir la concentración de partículas o materiales gaseosos desde un caudal de aire, tales como polvo, polen, moho, bacterias, y humo. |
| **Objetivo** | Minimizar la exposición de los ocupantes del edificio a partículas potencialmente peligrosas, contaminantes químicos y biológicos, que degraden la calidad del aire. |

**Requerimiento obligatorio**

Lograr una eficiencia promedio de filtraje de 20% (según ASHRAE 52.1 o EN 779 2002) o MERV 6 (según ASHRAE 52.2), con arrestancia mínima[3] de 90%, en los filtros del sistema de aire acondicionado y ventilación que traten el aire exterior.

| CAI 4R3 | Calidad del aire: No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta |
|---|---|
| **Indicadores** | **Sistemas de calefacción utilizados** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos del edificio** |
| **Definición** | La calefacción por combustión a llama abierta dentro de un recinto consume parte del oxígeno al interior de éste y genera gases contaminantes dañinos para las personas. |
| **Objetivo** | No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta |

**Requerimiento obligatorio**

No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta.
En el caso de no especificar un sistema de calefacción, se debe demostrar que el edificio no lo requiere de acuerdo con lo indicado en el requerimiento **CAI 1.1 Confort térmico pasivo.**



3 La arrestancia determina el porcentaje en peso que retiene el Filtro del total del polvo que le es arrojado.

| CAI 4.1 | Calidad del aire: Tasas de renovación de aire y filtraje |
|---|---|
| **6 puntos** | |
| **Indicadores** | **Caudal ventilación [litros/segundo]** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos del edificio** |
| **Definición** | Caudal mínimo de ventilación necesario por superficie de recinto y ocupantes. |
| **Objetivo** | Limitar la concentración de $CO_2$ emitidos por los usuarios, ya sea directamente en las zonas de alta ocupación, o por contaminación cruzada entre recintos de uso específico. |
| **Requerimiento obligatorio** | Ver requisito obligatorio:<br>4R1 Cumplir con las tasas mínimas de ventilación indicadas<br>4R3 No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta |
| **Requerimiento voluntario** | |

**Opción 1: Ventilación mecánica (4 puntos)**

- Aumento de Caudal: El aumento del caudal de inyección de aire exterior por zona en un 25% o más, será en base a las tasas mínimas de ventilación según la tabla de valores de referencia. **Apéndice 1.** En todos los casos, se considerará el flujo de aire exterior por zona, calculado en base a cada sistema de ventilación (por ej. UMAs), en un escenario de demanda máxima y considerando el factor de efectividad de distribución.
- Extracción forzada en recintos con fuentes contaminantes: Se deberá especificar ventilación por extracción forzada (sin recirculación de aire) para recintos interiores donde estén presentes o se usen gases o sustancias químicas (por ejemplo, garajes, área de lavandería, áreas de almacenamiento de productos de limpieza y mantención, áreas de impresión y/o fotocopiado[4], áreas de baño y/o cocina sin ventilación natural). Esta extracción tendrá un caudal de al menos 2,5l/s (o 9 $m^3/h$) por cada $m^2$ del recinto.

**Opción 2: ventilación natural sólo para pequeños aeródromos. (2 puntos)**

La ventilación es una estrategia que se podrá incorporar solo en pequeños aeródromos, considerando los factores de seguridad y normativos que puedan estar implicados en abrir una ventana hacia airside ya que podría ser una vulneración hacia el aérea de movimiento.

Demostrar que la ventilación natural cubre el requerimiento de renovaciones de aire, en al menos el 100% del área de recintos regularmente ocupados, utilizando alguna de las siguientes metodologías:

1) Evaluación en base Metodología de TDRe de la DA MOP
2) Evaluación en base a Metodología Bernoulli
3) Evaluación dinámica, por medio de un sorftware especializado en base a Air-Flow-Networks.

**Opción 3: ventilación mixta: sólo para pequeños aeródromos. (2 puntos)**

Demostrar el cumplimiento de renovaciones de aire mínimos para cada recinto evaluado, por medio de ventilación mecánica o natural, según condiciones antes señaladas en las opciones 1 y 2.

Extracción forzada en recintos con fuentes contaminantes: Se deberá especificar ventilación por extracción forzada (sin recirculación de aire) para recintos interiores donde estén presentes o se usen gases o sustancias químicas (por ejemplo, garajes, área de lavandería, áreas de almacenamiento de productos de limpieza y mantención, áreas de impresión y/o fotocopiado4, áreas de baño y/o cocina sin ventilación natural). Esta extracción tendrá un caudal de al menos 2,5l/s (o 9 $m^3/h$) por cada $m^2$ del recinto.

4 Se excluyen del requerimiento las máquinas de impresión y/o multifuncionales pequeñas de cortos periodos de uso.

**Eficiencia promedio de filtraje:**
Para todos los edificios de uso público, la eficiencia promedio de filtraje de los filtros ubicados en las unidades terminales del sistema de aire acondicionado y ventilación, deberá ser superior a un 30% o MERV 7.

| Nivel | Cantidad de variables medidas | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | Eficiencia promedio de filtraje mayor a 90% o MERV13 con arrestancia mínima de 98% | 2 |
| Bueno | Eficiencia promedio de filtraje de 59% MERV 9 con arrestancia mínima de 95% | 1 |

## Condiciones de evaluación

Los requerimientos aplicarán a todo el edificio.
Los casos de recintos ventilados naturalmente, opción que aplica solo para pequeños aeródromos, quedan eximidos de este requerimiento.
El aumento de caudal de aire exterior debe reflejarse en el cálculo de demanda y de consumo de energía, según metodología descrita en el Apéndice: demanda y consumo de energía.
El sistema de ventilación deberá cumplir con las eficiencias mínimas para motores definidas en las recomendaciones para eficiencia de ventiladores en el **Apéndice 9: demanda y consumo de energía.**

## Metodología

Ver Apéndices:
**Apéndice 4:** Calidad del aire, ventilación natural – aplica sólo para pequeños aeródromos
**Apéndice 5:** Calidad del aire, ventilación mecánica

# Requerimientos de energía

| ENERGÍA 5R1 | Demanda de Energía: Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar Modificado |
|---|---|
| **Indicadores** | **Transmitancia Térmica – [U W/m²K] / Factor Solar Modificado [FSM]** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | La Demanda de Energía es la energía estimada que será requerida para generar niveles adecuados de calidad del ambiente interior, específicamente el confort térmico. Influyen en ella las características de la envolvente tales como transmitancia, control solar y hermeticidad. |
| **Objetivo** | Disminuir la demanda de energía necesaria para la calefacción y enfriamiento, en base a limitar la transmitancia térmica de la envolvente y el factor solar modificado. |

**Requerimiento obligatorio**

Cumplir con los valores de Transmitancia Térmica (U) y Factor Solar modificado según la Tabla 8.

Tabla 8: Transmitancias mínimas para pisos ventilados, muros y ventanas por zona térmica.

| Transmitancia térmica (U - W/m²K) para muros y ventanas, y Factor Solar Modificado (FSM) para ventanas de fachadas y cubierta | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Elemento** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** |
| U – Cubierta | 0,84 | 0,47 | 0,47 | 0,38 | 0,33 | 0,28 | 0,28 | 0,25 | 0,25 |
| U – Muro | 2,00 | 0,80 | 0,80 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,40 | 0,30 | 0,35 |
| U - Piso Ventilado | 3,60 | 0,70 | 0,87 | 0,60 | 0,60 | 0,50 | 0,39 | 0,32 | 0,32 |
| U – ventana y lucernarios | 5,80 | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 2,40 | 3,00 |
| FSM - N y NE/NO | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | - | 0,75 | - | - |
| FSM – E/O | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | - | 0,60 | - | - |

- Podrán eximirse de requisito de transmitancia térmica las ventanas de recintos no regularmente ocupados, definidos según el **Apéndice 1**, salvo que dicho recinto esté en contacto directo (sin separación de muro o mampara) con un recinto regularmente ocupado. Por ejemplo, pasillos, galerías, vestíbulos de acceso o escaleras, en contacto directo con zonas de oficina y salas de espera, entre otros.
- Podrán eximirse de los requerimientos de FSM aquellas ventanas en recintos con un acristalamiento de fachada de 20% o menos, y en recintos tipo habitaciones y circulaciones asociadas a habitaciones.
- Para definir cuál es la orientación de una fachada, ver **Apéndice 11.**
- Los requerimientos de transmitancia térmica serán los valores límite a cumplir para todos los elementos, y no ponderando los valores, exceptuando los puentes térmicos.
- En caso de que la aislación térmica de la envolvente o algunos de sus elementos no sean continuos (por ejemplo pilares o pies derecho no aislados térmicamente al exterior), se deberá determinar un valor de transmitancia térmica considerando el efecto de los puentes térmicos, a través del cálculo especificado en la NCh853:2021 o mediante simulaciones en base a programa informático.

Los puentes térmicos lineales se evaluarán constructivamente, mediante la entrega de detalles constructivos[5].



5 Para una definición, explicación y alcances del concepto de Puente Térmico, revisar el documento “Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos”, sección 2.4.

Para la determinación de los valores de transmitancia térmica de elementos de la envolvente se podrán utilizar alguno de los siguientes métodos y referencias:

i. Certificado de ensayo de la solución constructiva, emitido por un laboratorio nacional o internacional, con antigüedad no mayor a 10 años.
ii. Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del MINVU
iii. Utilizar un material aislante etiquetado con el valor R100.
iv. Cálculo según normas NCh853:2021 o NCh3137/1:2006 y NCh3137/2:2018, según corresponda. La conductividad térmica y densidad de los materiales se podrán obtener de:
    - Anexo A de la NCh853: Of.2021
    - Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU
    - Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica del MINVU
    - Certificado de ensayo emitido por un laboratorio nacional o internacional



3 Para una definición, explicación y alcances del concepto de Puente Térmico, revisar el documento “Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos”, sección 2.4.

| ENERGÍA 5.1 | Demanda de Energía |
|---|---|
| **12 puntos** | |
| **Indicadores** | **Reducción de la demanda anual de energía [kWh/m2] en calefacción y enfriamiento** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | Energía estimada que será requerida para generar niveles adecuados de calidad del ambiente interior, específicamente el confort térmico. Influyen en ella las características de la envolvente tales como transmitancia, control solar y hermeticidad. |
| **Objetivo** | Disminuir la demanda de energía necesaria para la calefacción y enfriamiento de un edificio. |
| **Requerimiento obligatorio** | Ver 5R1: Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar Modificado |
| **Requerimiento voluntario** | |

Se deberá verificar una disminución de la demanda de energía para calefacción y enfriamiento de los recintos regularmente ocupados del edificio analizado. La evaluación se realizará mediante la comparación de las demandas mencionadas con los resultados de las demandas de un edificio de referencia, en base a lo definido en el **Apéndice 9.**
Dependiendo de la envergadura del aeropuerto se aplicará la opción 1 o 2.

**Opción 1: Gran escala (aeropuertos y aeródromos)**

| Nivel | Reducción respecto a la Demanda de referencia | | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|
| | A-B-C | D-F | SL(2) - SI | An | |
| Muy bueno | ≥50% | ≥35% | ≥45% | ≥40% | 12 |
| Bueno | ≥40% | ≥30% | ≥35% | ≥30% | 10 |
| Aceptable | ≥30% | ≥25% | ≥30% | ≥20% | 6 |
| Suficiente | ≥20% | ≥20% | ≥20% | ≥10% | 4 |

(1) zona térmica H desde la región de Arica y Parinacota a la región de Coquimbo
(2) zona térmica H desde la región Valparaíso a la región de La Araucanía

**Opción 2: Pequeña escala (pequeños aeródromos)**

| Nivel | Reducción respecto a la Demanda de referencia | | Puntaje |
|---|---|---|---|
| | A-B-C-D-F +Rapa Nui +R.Crusoe | E-G-I-H +Antártica | |
| Muy bueno | ≥45% | ≥35% | 12 |
| Bueno | ≥35% | ≥30% | 10 |
| Aceptable | ≥25% | ≥25% | 6 |
| Suficiente | ≥15% | ≥15% | 4 |

**Condiciones de la evaluación**

Basado en la utilización de un programa de simulación especializado, el cual deberá ser de base computacional que permita analizar la demanda y consumo de energía del edificio, y deberá permitir modelar, como mínimo, lo definido en el **Apéndice 9.**

| ENERGÍA 6R1 | Hermeticidad de la Envolvente: Especificación de sellos |
|---|---|
| **Indicador** | **Especificación apropiada de sellos** |
| **Ámbito** | **Envolvente del edificio** |
| **Definición** | La hermeticidad al aire es un término genérico para describir la resistencia de la envolvente del edificio a las infiltraciones. La infiltración es un intercambio de aire no controlado desde el exterior hacia el interior de una edificación a través de grietas, porosidad y otras aperturas no intencionales en la envolvente del edificio. |
| **Objetivo** | Limitar las infiltraciones a través de los elementos constructivos de la envolvente, para disminuir la demanda de energía para calefacción y enfriamiento de los ambientes interiores del edificio, y aumentar los niveles de confort higrotérmico. |

**Requerimiento obligatorio**

Especificar sellos alrededor de carpinterías de ventanas de la envolvente, y en los puntos donde las redes y sistemas atraviesen la envolvente.
Los sellos en base a poliuretano expuestos a la radiación solar deben incorporar protección UV. Si se utiliza sello tipo “Silano modificado o híbrido”, o “Cinta estructural”, se deberá adjuntar ficha técnica del producto. En ningún caso se aceptará el uso de siliconas acéticas y sellos acrílicos en fachadas y cubiertas.

Tabla 9: Uso de sellos apropiados según tipo de unión.

| Tipo de Sello | Aplicaciones | Sustratos de Aplicación |
|---|---|---|
| Silicona Neutra | Ventanas, Juntas de cubiertas y techumbres | Vidrio, cristal, metales, superficies pintadas, maderas, acrílicos, policarbonatos, cerámicas y para aplicaciones sanitarias. |
| Siliconas estructurales | Ventanas, Muros Cortina | Vidrio, cristal, metales, superficies pintadas, maderas. |
| Adhesivo de Poliuretano | Juntas de cubiertas y techumbres | Madera, metales, primer para metal y pinturas de terminación, materiales cerámicos y plásticos. |
| Sellos de XPS (apoyo para adhesivo de Poliuretano) | Ventanas, Muros Cortina | Juntas de dilatación, fachadas, pavimentos, prefabricados, paneles, baños, cocinas, puertas y ventanas. |
| Espuma de Poliuretano | Ventanas, Sellado Paso de Instalaciones | Alrededor de marcos de puertas y ventanas, pasadas de ductos, aire acondicionado, orificios, etc. |
| Cintas Expansibles | Ventanas | Alrededor de marcos de puertas y ventanas. |
| Membranas en Cinta EPDM | Ventanas, Muros Cortina | Alrededor de marcos de puertas, ventanas y muros cortinas. |
| Caucho de Butilo extruible o cinta | Juntas de cubiertas y techumbres | Metales aluminizados o pintados con distintas pinturas utilizadas en este rubro. No corroe el, o el cobre. |
| Silano-modificado (híbrido) | Juntas de cubiertas y techumbres | PVC rígido, plástico reforzado con fibra de vidrio (GRFP), madera, cerámica, teja, ladrillos, hormigón, aluminio, acero inoxidable, etc. |

Fuente: Elaboración propia en base a “Recomendaciones técnicas para la especificación de ventanas” de la CDT CChC, y recomendaciones de 3M y Sika.

| ENERGÍA 6.1 | Hermeticidad de la Envolvente: Infiltración de aire |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Infiltración de aire por la envolvente, renovaciones aire hora [a 50 Pa]** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | La hermeticidad al aire es un término genérico para describir la resistencia de la envolvente del edificio a las infiltraciones.<br>La infiltración es un intercambio de aire no controlado desde el exterior hacia el interior de una edificación a través de grietas, porosidad y otras aperturas no intencionales en la envolvente del edificio. |
| **Objetivo** | Limitar las infiltraciones a través de los elementos constructivos de la envolvente, para disminuir la demanda de energía para calefacción y enfriamiento de los ambientes interiores del edificio, y aumentar los niveles de confort higrotérmico |
| **Requerimiento obligatorio** | Energía 6R1 Especificación de sellos. |

**Requerimiento voluntario**

Se deberá verificar la hermeticidad de la envolvente del edificio, a través de ensayos de infiltraciones de aire de la envolvente de los recintos seleccionados, según lo indicado en el **Apéndice 12.** Se determinará el nivel de cumplimiento de acuerdo con la siguiente tabla:

| Nivel | Ensayos de Infiltración por la envolvente n50 (1/h) | Puntaje |
|---|---|---|
| Excelente | Reducción de al menos 10% respecto a la Tabla 10 | 3 |
| Muy bueno | Resultados menores que los indicados en la Tabla 10 | 2 |

Tabla 10. Clase de infiltración de aire máxima permitida para la envolvente térmica

| Ensayos de Infiltración por la envolvente n50 (1/h) | Clase de infiltración 50Pa / ach |
|---|---|
| Arica, Iquique, Tocopilla, Chañaral, Isla de Pascua | ----- |
| Parinacota, Tamarugal, El Loa, Coyhaique, Aysén, General Carrera, Capitán Prat, última Esperanza, Magallanes, Tierra del Fuego, Antártica Chilena | 4,00 |
| Copiapó, Limarí, Los Angeles, Valparaíso, Santiago, Cordillera, Maipo, Melipilla, Talagante, Cachapoal, Cardenal Caro, Colchagua, Talca, Concepción, Arauco, Malleco, Cautín, Valdivia, Ranco, Osorno, Llanquihue, Palena, Chiloé | 5,00 |
| Antofagasta, Huasco, Elqui, Choapa, Petorca, Quillota, San Felipe de Aconcagua, San Antonio, Marga-Marga, Chacabuco, Curicó, Linares, Cauquenes, Diguillín, Puntilla, Itata, Biobío | 8,00 |

Nota: La Clase de infiltración será medida excluyendo (sellando) ventanas, puertas y los dispositivos de ventilación.

**Condiciones de evaluación**

La determinación de los recintos y la cantidad de ensayos de infiltración de aire corresponderá al 5% de la cantidad total de la sumatoria de los recintos perimetrales acondicionados de la edificación, según se detallan en el **Apéndice 13.**

| ENERGÍA 7R1 | Consumo de energía: Aislación térmica en distribución de calor y frío |
|---|---|
| **Indicador** | **Espesor aislación térmica de cañerías y conductos** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | Energía estimada que será consumida por el edificio, considerando todos los usos finales de energía. |
| **Objetivo** | Disminuir el consumo de energía del edificio, en base a asegurar la correcta aislación térmica en las redes de conducción de líquido y aire del sistema de climatización |
| **Requerimiento obligatorio** | |

**Aislación térmica en distribución de calor y frío:** Todas las cañerías, conductos y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico en forma continua y en todo su desarrollo, salvo que se justifique técnicamente lo contrario en la memoria de cálculo, teniendo como mínimo los espesores en mm indicados en la siguiente tabla:

Tabla 11. Aislación mínima por tipo de fluido.

| | Cañerías para Climatización | Cañerías para ACS |
|---|---|---|
| **Conducción de líquido** | 13 | 9 |
| **Climatización por aire – conductos de inyección** | Por interior | Por exterior de la envolvente térmica a, b, c |
| | 19 | 30 |

Fuente: Elaboración propia en base a RITCH 2007, NCh3287:2013 y Ashrae 90.1-2007

a. Para calefacción en las zonas F, G, I y H, los tramos de conductos enterrados deberán tener una aislación térmica de 20 mm.
b. Los conductos de retorno por el exterior de la envolvente térmica, deberán tener una aislación térmica de 20 mm.
c. La aislación de los componentes ubicados al exterior, deberá considerar recubrimiento con protección UV.

Nota: Los espesores son para una conductividad térmica (λ) entre 0,03 y 0,045 W/m*K a 10°C. En caso de conductos y cañerías fabricados con propiedades de aislación térmica, se admitirá el espesor determinado por el fabricante, en la medida que se justifique que cumple con la transmitancia térmica resultante de los espesores de aislación requeridos en la tabla, para cada uno de los casos definidos.

| ENERGÍA 7R2 | Consumo de energía: Declaración de rendimiento nominal |
|---|---|
| **Indicador** | **Rendimiento nominal sistema climatización [COP/EER]**[6] |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | Características de las instalaciones térmicas que les permiten estimar su consumo energético al momento de realizar su función específica. |
| **Objetivo** | Informar sobre características específicas de las instalaciones térmicas destinadas a mantener condiciones ambientales adecuadas con un consumo de energía asociado. |

**Requerimiento obligatorio**
Informar el rendimiento nominal de los equipos de generación de frio / calor para los sistemas de climatización.



6 COP: Coefficient of Performance, o coeficiente de rendimiento y EER: Energy Efficiency Ratio, o coeficiente de eficiencia energética.

## ENERGÍA 7R3 Definir condiciones de diseño de climatización

| | |
|---|---|
| **Indicador** | **Se declaran condiciones de diseño del proyecto de climatización** |
| **Ámbito** | **Todos los recintos regularmente ocupados del edificio según definición del apéndice 1.** |
| **Definición** | Los sistemas de climatización deben estar diseñados para cubrir las necesidades de confort térmico. |
| **Objetivo** | Los sistemas de climatización deberán diseñarse y calcularse de tal forma que cumplan con las condiciones de diseño fijadas objetivamente. |

**Requerimiento obligatorio**

Todo proyecto de climatización deberá considerar en sus condiciones de diseño, al menos, los siguientes parámetros:

- Temperatura bulbo seco, exterior, en verano e invierno.
- Temperatura bulbo seco, interior, en verano e invierno.
- Temperatura bulbo húmedo, exterior, en verano.
- Tasa de ventilación por persona y por recintos específicos (por ej. baños), velocidad del aire.
- Humedad relativa, interior y exterior.
- Propiedades térmicas de la envolvente.
- Definición de los recintos que serán climatizados, señalando si estos son regularmente ocupados o no, según definición en Apéndice 1.

Los valores a utilizar deberán ser obtenidos de documentos de referencia tales como RITCH, CEN Standard EN 15251, ASHRAE standard 55 (2010), o justificados por el especialista responsable. Los valores serán consistentes con aquellos utilizados en el cumplimiento de otras variables. Se recomienda incluir en las condiciones de diseño las temperaturas radiantes de los recintos, dado su influencia en la sensación de confort térmico. Los valores de los parámetros de diseño utilizados en los modelamientos de Demanda de Energía y Consumo de Energía deberán ser consistentes con los definidos en el proyecto de climatización. µ ÷

| ENERGÍA 7.1 | Consumo de Energía |
|---|---|
| **12 puntos** | |
| **Indicador** | **Reducción del consumo anual de energía [kWh/m²] de todo el edificio** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio y sus exteriores** |
| **Definición** | Energía estimada que será consumida por el edificio, considerando todos los usos finales de energía. |
| **Objetivo** | Disminuir el consumo de energía del edificio, sobre todo la necesaria para la calefacción, refrigeración e iluminación de un edificio. |
| **Requerimiento obligatorio** | 7R1 Aislación térmica en distribución de calor y frío<br>7R2 Declaración de rendimiento nominal de equipos |
| **Requerimiento obligatorio** | |

**Indicador: Disminución del consumo de energía [%]**
Se deberá verificar una disminución en el indicador de consumo de energía del edificio evaluado, incluyendo todos los usos finales de energía del edificio y el aporte de ERNC. La evaluación se realizará mediante la comparación a un edificio de referencia. Para más detalles de los procedimientos a utilizar en la evaluación prestacional, ver el **Apéndice 9.**
Dependiendo de la envergadura del aeropuerto se aplicará la opción 1 o 2.

**Opción 1: Gran escala (aeropuertos y aeródromos)**

| Nivel | Reducción respecto a la consumo de referencia<br>A-B-C-D-E-F-G-H-I | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy bueno | ≥45% | 12 |
| Bueno | ≥40% | 10 |
| Aceptable | ≥30% | 6 |
| Suficiente | ≥20% | 4 |

**Opción 2: Pequeña escala (pequeños aeródromos**

| Nivel | Reducción respecto al consumo de referencia | | Puntaje |
|---|---|---|---|
| | A-B-C-D-E-G<br>+Rapa Nui +R.Crusoe | F-I-H<br>+Antártica | |
| Muy bueno | ≥30% | ≥25% | 12 |
| Bueno | ≥25% | ≥20% | 10 |
| Aceptable | ≥20% | ≥15% | 6 |
| Suficiente | ≥10% | ≥10% | 4 |

## Condiciones de evaluación

Para la estimación de los consumos de energía de cada uno de los usos finales, se utilizará evaluación prestacional dinámica, en base a la simulación del comportamiento energético global del edificio, utilizando programa informático especializado. Las características del programa serán las definidas en la sección 2 del **Apéndice 9.**

Se utilizarán las características de transmitancia térmica, factor solar modificado, orientación y tamaño de ventanas del edificio proyectado (edificio propuesto), tanto para calcular los consumos estimados de los sistemas de referencia como los sistemas reales proyectados. Lo anterior por cuanto lo que se quiere evaluar son las mejoras que se producen sólo por el efecto de los sistemas especificados para el edificio evaluado.

Las características de los sistemas de referencia y los sistemas de proyectado se describen en el **Apéndice 9, Sección 4.**

Se entenderá que un edificio siempre requerirá de un sistema de climatización, por lo tanto, tendrá una potencia requerida. Si el edificio no cuenta con sistema de clima, se deberá revisar las condiciones en el requerimiento 1.1 confort pasivo.

| ENERGÍA 8.1 | Energía renovable no convencional ERNC |
|---|---|
| **4 puntos** | |
| **Indicador** | **Porcentaje [%] de cobertura de la demanda de energía primaria del edificio** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | Uso de energías provenientes de fuentes renovables no convencionales o procesos de cogeneración de alta eficiencia[7], producidas in-situ[8] o en redes térmicas distritales o eléctricas locales[9], para cubrir en parte la demanda de energía primaria del edificio[10].<br>Se entenderá por fuentes renovables no convencionales las definidas en la ley 20.257: biomasa, hidráulica inferior a 20MW, geotérmica, solar, eólica, mareomotriz. |
| **Objetivo** | Incentivar el uso de energías renovables no convencionales y los procesos de cogeneración de alta eficiencia, reduciendo el consumo de combustibles y electricidad en el edificio. |

**Requerimiento voluntario**

Adicionalmente a la reducción del consumo de energía por aporte de la ERNC en el requerimiento de **Consumo de Energía,** se premiará la cobertura de las ERNC.
Se deberá verificar el aporte de la generación de ERNC, en energía primaria de acuerdo metodología definida en el **Apéndice 17**, como cobertura porcentual de la generación respecto al consumo total de energía del edificio, entregando los siguientes puntajes:

| Cobertura demanda de energía primaria mediante ERNC y/o proceso de cogeneración | | |
|---|---|---|
| **Nivel** | **Rango** | **Puntaje** |
| Excelente | Sobre 10 % | 4 |
| Muy bueno | 5 – 10 % | 3 |
| Bueno | 2 – 5 % | 2 |
| Aceptable | 1 - 2% | 1 |

**Condiciones de evaluación**

**Reducción consumo de energía primaria**
Para la estimación del consumo de energía primaria deberá considerar tanto el consumo eléctrico como de combustible, según metodología definida en el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia, utilizando como base para ello la estimación del consumo de energía para los distintos usos finales de energía del edificio del **requerimiento Consumo de Energía.** La estimación del consumo de energía del edificio deberá hacerse mediante cálculo dinámico, según lo definido en el **Apéndice 9.**
Este Manual no incluye metodologías para estimar la generación de energía mediante ERNC y recuperación de calor. Para tales efectos, se deberán utilizar programas informáticos especializados, facilitado por los proveedores de los sistemas de energías, o bien programas de libre acceso como F-chart, RetScreen. Para más detalles ver **Apéndice 15.**
Asimismo, este Manual no incluye guías o metodologías específicas para determinar, seleccionar y dimensionar sistemas de ERNC y de recuperación de calor. Para tales efectos, se recomienda la bibliografía disponible, destacando entre ellas:

7 Un sistema de cogeneración puede tener mayor impacto ambiental que el propio sistema de referencia, en función de sus rendimientos. Por lo anterior, sólo se consideran sistemas de cogeneración de alta eficiencia, cuando el rendimiento eléctrico equivalente del sistema (REE), en promedio en un período anual, sea de REE ≥ 50%.
8 Dentro del terreno en el que se emplaza el edificio.
9 Cualquier red eléctrica NO conectada a ninguna de las 4 redes de distribución eléctrica de Chile: Sing, Sic, Aysén y Magallanes.
10 Se denomina energía primaria a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica, biomasa, leña, eólica y solar) o indirecta (después de atravesar por un proceso minero, como por ejemplo, la extracción de petróleo crudo, gas natural, carbón mineral, etc.) para su uso energético, sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación.

- ResEx N° 502, del 30 de septiembre de 2010, del Ministerio de Energía, que establece Norma Técnica.
- Sistemas solares térmicos II. Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. Desarrollado por MINENERGIA / GEF / PNUD / CDT (2010)
- Diseño y Dimensionamiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos. CDT (2013)

En términos generales, el diseño y dimensionamiento de los sistemas, y en específico los SST y SFV, deberá considerar lo siguiente:

**Sistema solar térmico (SST)**
- Determinación de potencia a instalar.
- Determinación del tipo de sistema de captación
  - Determinación de número de colectores solares
  - Configuración de la batería de colectores en serie o paralelo
  - Conexión de batería de colectores
  - Agrupación de baterías de colectores
  - Trazado hidráulica del circuito primario
- Sistema de acumulación
  - Dimensionado
  - Diseño del sistema de acumulación
- Red hidráulica
  - Trazado de cañerías
  - Caudales de los circuitos
  - Intercambiador de calor
  - Cálculo de diámetro de cañerías y pérdidas de carga
  - Bombas de circulación, Válvulas, Equipo de llenado, Sistema de purga
- Dispositivos de seguridad y protección
  - Protección frente a altas temperaturas
  - Protección contra heladas
  - Protección frente a las máximas presiones
- Equipos de medida: de temperatura, de presión, de caudales y de energía
- Aislación térmica de la red de apoyo
- Sistema de apoyo para asegurar continuidad en el suministro de ACS
- Sistema eléctrico y de control

**Sistemas fotovoltaicos (SFV)**
- Determinación de potencia a instalar.
- Determinación del tipo de celda fotovoltaica, módulo y tipo de conexión a utilizar
- Determinación de número de módulos fotovoltaicos.
- Determinación de separación entre módulos fotovoltaicos.
- Determinación de superficie necesaria para instalación de módulos.
- Selección de inversor.
- Configuración en serie o paralelo.
- Disposición e inclinación de los módulos.
- Conductores.
- Protecciones físicas y eléctricas.

Junto con lo anterior, se recomienda que la incorporación de sistemas de ERNC y/o recuperación de calor sea respaldado por una evaluación económico de distintas tecnologías, incluyendo en dicha evaluación aspectos de mantención, reposición y operación.

# Requerimientos de agua

| AGUA 9R1 | Paisajismo: Reducir la Evapotranspiración |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje (%) de disminución de la evapotranspiración** |
| **Ámbito** | **Áreas verdes, paisajismo propuesto para el edificio.** |
| **Definición** | El paisajismo o arquitectura del paisaje, es la actividad que es capaz de modificar un espacio exterior, trabajando con elementos orgánicos (flora y fauna) y/o inorgánicos, para satisfacer las necesidades de uso del espacio exterior para un determinado grupo de usuarios, ya sea en un medio urbano o rural.<br>Las características del proyecto de paisajismo deben estar en relación con la zona bioclimática (clima-vegetación-suelo) de modo de disminuir la demanda de agua para riego |
| **Objetivo** | Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o subsuperficiales, en base a reducir la necesitad de agua de las especies vegetales del proyecto de paisajismo. |

**Requerimiento obligatorio**

Disminuir la evapotranspiración al menos un 20% respecto al caso de referencia, de acuerdo con el procedimiento indicado en el **Apéndice 21.**

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo por medio de la planilla CES de Agua.

**Metodología**

Toda área verde propuesta debe cumplir independiente de los m2 destinados para vegetación.
El área que se contabiliza como paisajismo debe ser con vegetación viva, se excluyen de este cálculo los elementos complementarios como por ejemplo paseos peatonales o extensiones grandes de superficies permeables o impermeables cubierto con cemento, gravilla, mulch y otros elementos inorgánicos, sin plantas.
Revisar metodología de cálculo en **Apéndice Agua-Paisajismo**

| AGUA 9.1 | Paisajismo: Disminución de la Evapotranspiración |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje (%) de disminución de la evapotranspiración** |
| **Ámbito** | **Áreas verdes, paisajismo propuesto para el edificio** |
| **Definición** | El paisajismo o arquitectura del paisaje, es la actividad que es capaz de modificar un espacio exterior, trabajando con elementos orgánicos (flora y fauna) y/o inorgánicos, para satisfacer las necesidades de uso del espacio exterior para un determinado grupo de usuarios, ya sea en un medio urbano o rural.<br>Las características del proyecto de paisajismo deben estar en relación con la zona bioclimática (clima-vegetación-suelo) de modo de disminuir la demanda de agua para riego. |
| **Objetivo** | Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o subsuperficiales, en base a reducir la necesitad de agua de las especies vegetales del proyecto de paisajismo. |
| **Requerimiento obligatorio** | Agua 9R1 |

**Requerimiento voluntario**

Se deberá demostrar la disminución de la evapotranspiración del proyecto de paisajismo, según lo siguiente:

| Nivel | Zona precipitación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| Muy Bueno | ≥ 60% | ≥ 65% | ≥ 70% | ≥ 75% | ≥ 80% |
| Bueno | ≥ 50% | ≥ 55% | ≥ 60% | ≥ 65% | ≥ 70% |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el **Apéndice 18.**

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo por medio de la planilla CES de Agua.

**Metodología**

Se debe considerar al menos el 5% de la superficie útil del edificio terminal de pasajeros, esta limitación incluye que la superficie a considerar es sólo aquella que posee vegetación viva.

Se podrá incluir como superficie de paisajismo las cubiertas verdes del edificio siempre que sean accesibles (física o visualmente) para al menos el 80% de los usuarios del edificio.

Se podrá incluir como superficie computable la d ellos muros verdes del edificio, siempre que sean visualmente accesible desde el interior del edificio o desde patios o plazas ubicadas dentro del terreno del edificio, para al menos el 80% de los usuarios del edificio

Detalles de la metodología de cálculo en **Apéndice 21 Agua-Paisajismo**

| AGUA 9.2 | Paisajismo: Paisajismo Xerófilo |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **% de aérea de paisajismo Xerófilo.** |
| **Ámbito** | **Paisajismo proyectado del edificio aeroportuario.** |
| **Definición** | Enfoque sistemático para promover la conservación del agua en áreas de paisajismo. |
| **Objetivo** | Promover la visualización de proyectos que posean un paisajismo xerófilo. |

**Requerimiento voluntario**

Demostrar que al menos el 75% de especies endémicas o adaptadas a clima seco y lograr una reducción de agua para riego del 70%.
Aunque los paisajismos xerófilos se utilizan principalmente en regiones áridas, sus principios pueden ser utilizados en cualquier región para ayudar a conservar el agua. Debido a esta definición el requerimiento promueve visualizar cuándo los proyectos posean un paisajismo que sea catalogada como xerófilo.

| Nivel | Criterios de paisajismo xerófilo mínimos |
|---|---|
| Muy Bueno | Proyecto de paisajismo debe ser compuesto en superficie por al menos un 75% de especies endémicas o adaptadas a clima seco y lograr una reducción de agua para riego del 70%. |

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo por medio de la planilla CES de Agua.

**Metodología**

Revisar web https://chileanendemics.rbge.org.uk/es/ y **Apéndice 21 Agua-Paisajismo.**

| AGUA 10R1 | Agua consumo humano: Reducción mínima por griferías y artefactos |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Disminución del consumo de agua potable [%] por griferías y artefactos** |
| **Ámbito** | **Todas las griferías y artefactos del edificio** |
| **Definición** | Sistemas que contemplen elementos para disminuir el consumo de agua, tales como, inodoros, lavamanos y grifería eficientes, sistemas de control. Se excluyen el sistema o llave de riego y la red contra incendios. |
| **Objetivo** | Disminuir el consumo de agua potable mediante la incorporación de artefactos eficientes y sistemas de control. |

**Requerimiento obligatorio**

Demostrar la reducción mínima del consumo de agua potable, de acuerdo con la zona de precipitación en la que se emplace el proyecto.

| Nivel | Zona precipitación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V | An |
| Obligatorio | 20% | 25% | 25% | 30% | 35% |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el **Apéndice 18.**

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo realizado en la planilla desarrollada para CES Aeropuertos

**Metodología**

Cálculo de reducción de consumo según **Apéndice 19: Agua. Cálculo de reducción de consumo.**

| AGUA 10.1 | Agua consumo humano: Disminución de consumo agua potable |
|---|---|
| **4 puntos** | |
| **Indicadores** | **Disminución del consumo de agua potable [%] por griferías y artefactos** |
| **Ámbito** | **Todas las griferías y artefactos del edificio** |
| **Definición** | Sistemas que contemplen elementos para disminuir el consumo de agua, tales como, inodoros, lavamanos y grifería eficientes, sistemas de control. Se excluyen el sistema o llave de riego y la red contra incendios. |
| **Objetivo** | Disminuir el consumo de agua potable mediante la incorporación de artefactos eficientes y sistemas de control. |

**Requerimiento voluntario**

Demostrar la reducción del consumo de agua potable, de acuerdo con la zona de precipitación en la que se emplace el proyecto.

| Nivel | Zona precipitación | | | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V | An | |
| Muy bueno | ≥ 40% | ≥ 40% | ≥ 40% | ≥ 45% | ≥ 45% | 4 |
| Bueno | > 30% | > 30% | > 35% | > 35% | > 40% | 3 |
| Aceptable | > 20% | > 25% | > 25% | > 30% | > 35% | 1 |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el **Apéndice 18.**

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo realizado en la planilla desarrollada para CES Aeropuertos.

**Metodología**

Cálculo de reducción de consumo según **Apéndice 19: Agua. Cálculo de reducción de consumo.**

| AGUA 11.1 | Agua sistemas - Reutilización de agua para consumo no humano |
|---|---|
| **4 puntos** | |
| **Indicadores** | **Agua captada y/o reutilizada [lts/año]** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio y entorno.** |
| **Definición** | Agua captada o reutilización de agua para consumo no humano. |
| **Objetivo** | Disminuir el consumo de agua potable y reducir el impacto en la red de alcantarillado e infraestructura de drenaje de agua lluvia. |
| **Requerimiento voluntario** | |

**Opción 1: Reutilización de agua para uso sanitario sin consumo humano**
Apoyo al consumo de agua sanitaria sin consumo humano mediante el reciclaje de aguas grises y/o reutilización de aguas de precipitaciones.
Para el cálculo del aporte en porcentaje se determina con la siguiente relación:

$$\text{Aporte } \% = \frac{\text{Aguas grises recicladas} + \text{aguas de precipitaciones}}{\text{Consumo total de inodoros} + \text{Consumo total de urinarios}}$$

El puntaje asociado al nivel de cumplimiento corresponde a:

| Nivel | Zona precipitación | | | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V | An | |
| Muy Bueno | ≥ 30% | ≥ 30% | ≥ 35% | ≥ 35% | ≥ 40% | 4 |
| Bueno | ≥ 20% | ≥ 20% | ≥ 20% | ≥ 25% | ≥ 30% | 3 |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el **Apéndice 18.**

**Opción 2: Reutilización de agua para el paisaje**
Apoyo al consumo de agua para riego mediante el reciclaje de aguas grises y/o reutilización de aguas de precipitaciones.
Para el cálculo del aporte en porcentaje se determina con la siguiente relación:

$$\text{Aporte } \% = \frac{\text{Aguas grises recicladas} + \text{aguas de precipitaciones}}{\text{Consumo total de paisajismo}}$$

El puntaje asociado al nivel de cumplimiento corresponde a:

| Nivel | Zona precipitación | | | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V | An | |
| Muy Bueno | ≥ 30% | ≥ 30% | ≥ 35% | ≥ 35% | ≥ 40% | 3 |
| Bueno | ≥ 20% | ≥ 20% | ≥ 20% | ≥ 25% | ≥ 30% | 2 |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el Apéndice 18.

Este requerimiento es análogo al descrito en la opción 1, con la salvedad de que el agua al ser utilizada para riego es de menor calidad que la de uso no sanitario.

**Opción 3: Uso de agua reciclada en operaciones aeroportuarias (OAs).**
Implementar sistemas de agua eficientes para reducir la dependencia de los aeropuertos en fuentes de agua potable.
Los niveles de cumplimiento corresponden al porcentaje de agua reutilizada y/o reciclada que se utilice en las operaciones aeroportuarias, como lo pueden ser el lavado de pistas, lavado de vehículos y aeronaves, almacenamiento en tanques de bomberos, ejercicios de entrenamiento y simulacro de bomberos entre otros.
Para el cálculo del aporte en porcentaje se determina con la siguiente relación:

$$\text{Aporte } \% = \frac{\text{Aguas recicladas utilizadas en OAs} + \text{Aguas recolectadas utilizadas en OAs}}{\text{Aguas de OAs}}$$

| Nivel | Aporte % | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | 40% | 4 |
| Bueno | 30% | 3 |
| Aceptable | 20% | 2 |

**Opción 4: Planta de tratamiento in situ**
Visualizar los esfuerzos realizados por un proyecto aeroportuario en la instalación de plantas de tratamientos de aguas, con el objetivo de permitir la reutilización de aguas grises y aguas negras para fines no potables como riego, descarga de sanitarios y/o sistemas de enfriamiento, contribuyendo así a una reducción del consumo de agua potable de los terminales aeroportuarios.

El puntaje asociado al porcentaje de tratamiento de las aguas generadas corresponde a:

| Nivel | Aporte % | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | 40% | 4 |
| Bueno | 25% | 2 |

Adicionalmente para obtener el nivel **Muy Bueno** se deben implementar tecnologías como membranas de bio-reactor (MBR), ozonización, o tecnologías de filtración avanzada y sistemas de monitoreo en tiempo real para asegurar la calidad del agua tratada.

## Condiciones de evaluación

Se deberá presentar el cálculo realizado en la planilla desarrollada para CES Aeropuertos.
Se debe entregar una memoria de cálculo en donde se indiquen las especificaciones del sistema de captación o reciclaje de agua cumpliendo la normativa vigente.
Dentro de las especificaciones técnicas del proyecto, se debe indicar la cantidad de agua que se espera obtener para apoyar al sistema que corresponda.

## Metodología

Revisar **Apéndice 20** Sistemas de Captación y Reutilización de Agua.

| AGUA 11.2 | Agua sistemas: Tratamiento remoción de dureza |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **Tratamiento para remoción de la dureza del agua** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | La dureza del agua está controlada principalmente por factores geológicos, y se debe esencialmente a la presencia y alta concentración de iones de calcio y magnesio. El agua dura puede causar la aparición de incrustaciones en los sistemas de distribución, disminuyendo la capacidad del caudal y la eficiencia en la transferencia de calor al agua, por ejemplo, en calderas. |
| **Objetivo** | Reducir la dureza del agua potable en los aeropuertos. |

**Requerimiento voluntario**

Instalar un sistema de tratamiento para la remoción de la dureza del agua tales como, pero no restringidos a:

- Proceso cal-carbonato
- Intercambio iónico
- Procesos de membranas
- Evaporación-condensación
- Efecto campo magnético

Los sistemas basados en remoción deberán asegurar niveles máximos de 300 mg/L de $CaCO_3$ (carbonato de calcio), otros sistemas tales como el de campo magnético deben impedir la calcificación.
El sistema de remoción de dureza debe incluir una memoria que explique su funcionamiento, el tipo de mantención que debe recibir el sistema de tratamiento y cada cuanto tiempo se debe realizar.

**Condiciones de evaluación**

Los requerimientos aplicarán a edificios ubicados en todo el país.
En los casos donde se justifique técnicamente, mediante el informe de un especialista, que las redes de distribución y sistemas[11] del edificio no requieren tratamiento de reducción de la dureza del agua para su correcta operación, se podrá prescindir de la instalación de dicho tratamiento, adicionándose el puntaje de esta variable a la evaluación del edificio.



11 Los sistemas que requieren agua para operar generalmente indican la dureza del agua apropiada para operar de manera eficiente.

| AGUA 12R1 | Agua riego: Reducción de 20% consumo agua para riego |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje [%] de disminución del consumo de agua para riego por sistema de riego.** |
| **Ámbito** | **Áreas verdes, paisajismo propuesto para el aeropuerto.** |
| **Definición** | Características del sistema le riego, que permiten disminuir el consumo de agua. |
| **Objetivo** | Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o subsuperficiales, en base a la eficiencia del sistema de riego. |

**Requerimiento obligatorio**

Reducir el consumo de agua para irrigación o riego al menos un 20% con respecto al caso de referencia, incluyendo el uso de fuentes de agua superficial y subsuperficial mediante el procedimiento indicado el **Apéndice 21.**

**Condiciones de evaluación**

Se deberá presentar el cálculo por medio de la planilla CES de Agua.

**Metodología**

Metodología de cálculo en **Apéndice 21: Agua Paisajismo**

| AGUA 12.1 | Agua riego: Disminución consumo agua para riego |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje [%] de disminución del consumo de agua por sistema de riego.** |
| **Ámbito** | **Áreas verdes del proyecto paisajismo propuesto para el aeropuerto.** |
| **Definición** | Características del sistema le riego, que permiten disminuir el consumo de agua. |
| **Objetivo** | Reducir el uso de agua para riego, sea esta agua potable o de otras fuentes de aguas superficiales o subsuperficiales, en base a la eficiencia del sistema de riego. |
| **Requerimiento obligatorio** | Agua.12R1 |

**Requerimiento voluntario**

Reducir el consumo de agua potable para irrigación. El uso de fuentes de agua superficial y subsuperficial se considerará como una medida de reducción del consumo de agua potable siempre y cuando el ahorro logrado sólo con el sistema de riego y control de riego supere el 20%.
El puntaje asociado al nivel de cumplimiento corresponde a:

| Nivel | Zona precipitación | | | | | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | II | III | IV | V | An | |
| Muy Bueno | ≥ 55% | ≥ 60% | ≥ 65% | ≥ 65% | ≥ 65% | 2 |
| Bueno | ≥ 45% | ≥ 45% | ≥ 45% | ≥ 50% | ≥ 50% | 1 |

La descripción de las zonas de precipitación (I a V) se detallan en el **Apéndice 18.**

**Metodología**

**Apéndice 22:** Procedimiento para cálculo de Instalación de Riego eficiente.

**Condiciones de evaluación**

Esta variable y su puntaje sólo aplicarán en edificios dónde la superficie de su proyecto de paisajismo, según definición de la variable “Paisajismo”, sea igual o superior a un 20% de la superficie del terreno del edificio.
Se podrá incluir como superficie de paisajismo las cubiertas “verdes” o vegetales del edificio siempre que sean accesibles (física o visualmente) para al menos el 80% de los usuarios del edificio, y las áreas verdes en zonas fuera del terreno del edificio, pero incluidas en el proyecto de paisajismo y el proyecto de riego del edificio, como por ejemplo el área verde junto a la calzada peatonal en la vía pública que enfrenta al edificio.
Se podrá incluir como superficie computable la de los muros “verdes” o vegetales del edificio, siempre que sean visualmente accesibles desde el interior del edificio o desde patios o plazas ubicadas dentro del terreno del edificio, para al menos el 80% de los usuarios del edificio.
Las superficies utilizadas para contabilizar el paisajismo serán consistentes con las utilizadas en la variable de “Paisajismo”.
En superficies extensas se podrá proponer los límites del terreno del proyecto, esta se denomina como "Superficie total del terreno a certificar ($m^2$)" en formulario inicial.
Se deberá presentar el cálculo por medio de la planilla CES de Agua.

# Requerimientos de emisiones

## EMISIONES 13.1 Huella de carbono: Operación del edificio

**4 puntos**

| | |
|---|---|
| **Indicadores** | **Porcentaje [%] de reducción de emisiones de $CO_2$** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio, etapa operación** |
| **Definición** | Reducción de emisiones de $CO_2$ asociadas al consumo de energía en la operación del edificio. |
| **Objetivo** | Declarar e incentivar el uso de la medición de huella de carbono durante la operación de edificios.<br>La reducción de las emisiones durante la etapa de operación contribuye a la incorporación del edificio a la emisión de bonos verdes soberanos. |

### Requerimiento voluntario

**Declarar la reducción de las emisiones de $CO_2$**

Determinar la reducción de las emisiones $CO_2$ basado en la comparación de las emisiones generadas durante la operación del edificio de referencia, considerando equipos de referencia y el edificio analizado.

La comparación debe realizarse con las siguientes consideraciones:

1. Determinar consumo de cada tipo de energía (eléctrica y combustibles) para el caso del edificio de referencia, utilizando los equipos de referencia. La estimación del consumo de energía del edificio de referencia deberá hacerse mediante cálculo dinámico, según lo definido en el **Apéndice 9.**
2. Determinar consumo de cada tipo de energía (eléctrica y combustibles) para el caso del edificio de analizado (diseño pasivo y diseño activo). La estimación del consumo de energía del edificio deberá hacerse mediante cálculo dinámico, según lo definido en el **Apéndice 9.**
3. Determinar, para ambos casos, el consumo de energía primaria según metodología definida en el **Apéndice 17.**
4. Determinar, para ambos casos, las emisiones de $CO_2$ equivalente utilizando los factores de emisiones definidos por los Ministerios de Medio Ambiente y Energía para cada uso final de energía.
5. Determinar el porcentaje de reducción de emisiones para el caso analizado.

En esta versión de la metodología de certificación se otorgará el puntaje asociado a este requerimiento por la declaración de la reducción.

### Condiciones de evaluación

**Reducción de las emisiones de $CO_2$**

La estimación de la reducción de emisiones de $CO_2$ equivalente debe realizarse, utilizando como base la estimación del consumo de energía para los distintos usos finales de energía del edificio, según lo definido en el **Apéndice 9**, la estimación del consumo de energía primaria, según lo definido en el **Apéndice 17** y los factores de emisión correspondientes.

## EMISIONES 13.2 Huella de carbono: Huella carbono contenida

**4 puntos**

| | |
|---|---|
| **Indicadores** | **Cantidad de $CO_2$ (ton $CO_2$eq)** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio, etapa de diseño y construcción** |
| **Definición** | La huella de carbono contenido en un edificio hace referencia a la suma de los impactos ambientales que tienen diversos gases de efecto invernadero en la atmósfera generados a partir de la fabricación de los materiales y productos asociados a su construcción, lo cual se expresa en $CO_2$ equivalente ($CO_2$eq) y su cálculo se basa en la normativa europea EN 15978:2011<br>Este indicador incorpora las etapas de extracción de materias primas, la manufactura de materiales, la energía utilizada, su transporte a obra y su aplicación en la construcción, permitiendo tener una unidad de medida en común para poder sumar y comparar las emisiones de distintos gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono ($CO_2$), metano (CH4) y óxido nitroso ($N_2O$). |
| **Objetivo** | Incentivar la cuantificación del carbono contenido en infraestructura de uso público y fomentar estrategias para disminuir su carbono contenido |

**Requerimiento voluntario**

**Declarar la cantidad de $CO_2$ contenido**
Determinar las emisiones de $CO_2$eq asociadas al diseño y construcción del edificio considerando las siguientes categorías descritas en la normativa europea EN 15978:

| Módulo | Categoría | Subcategoría |
|---|---|---|
| **A1** | Etapa de producto | Suministro materia primas |
| **A2** | | Transporte a fabrica |
| **A3** | | Fabricación |
| **A4** | Etapa de proceso de construcción | Transporte a obra |
| **A5** | | Proceso de construcción y/o instalación |

Para más información ver **Apéndice 23.**

**Condiciones de evaluación**

El cálculo de carbono contenido podrá ser realizado mediante:

- Planilla de cálculo que contenga la cuantificación de los materiales de acuerdo con los criterios indicados en **Apéndice 23** y los índices de calentamiento global por cada uno de estos, respaldado por fichas de declaración ambiental de acuerdo con la EN 15804:A2.
- Software que integre este tipo de análisis junto con evaluaciones propias de la etapa del diseño, por ejemplo: el módulo de LCA en la herramienta UBAKUS, o en el software ECO-SAI, los cuales cuentan con bases de datos de materiales de construcción bajo esta misma normativa o bien pueden ser agregados manualmente por el usuario.
- Módulo complementario al software utilizado para la etapa de simulación energética, por ejemplo, el módulo de ACV y carbono incorporado en Design Builder.
- Herramientas específicas como son click LCA, Open LCA, SimaPro, Umberto, Gabi, o que podría ser útil en situaciones donde las otras opciones de herramientas no fueran suficientes. De todas formas, estos análisis deberían considerar los requerimientos de la EN 15804:A2.

Cualquier omisión de información o excepciones a la metodología descrita en **Apéndice 23**, deberá estar debidamente justificada y descrita en la memoria de cálculo.

## EMISIONES 13.3 Huella de carbono: Gestión huella operación aeropuertos / ACA

**2 puntos**

| | |
|---|---|
| **Indicadores** | **Aeropuerto registrado en Airport Carbon Acreditation ACA** |
| **Ámbito** | **Todo el aeropuerto** |
| **Definición** | Gestión y reducción de emisiones de $CO_2$ asociadas a la operación del aeropuerto |
| **Objetivo** | Reconocer la gestión de la huella de carbono en todo el recinto aeroportuario |

**Requerimiento voluntario**

**Aeropuerto registrado en el programa Airport Carbon Acreditation**
ACA es un programa mundial de certificación de la gestión del carbono para aeropuertos.
Evalúa y reconoce de forma independiente los esfuerzos de los aeropuertos por gestionar y reducir sus emisiones de carbono mediante 7 niveles de certificación: «Nivel 1», «Nivel 2», «Nivel 3», «Nivel 3+», «Nivel 4», «Nivel 4+» y «Nivel 5».
A través de sus 7 niveles de certificación, la Airport Carbon Accreditation reconoce que los aeropuertos se encuentran en distintas fases de su camino hacia una gestión integral del carbono.
Se trata de un programa para aeropuertos de todos los tamaños, que va más allá de los hubs y los aeropuertos regionales con tráfico regular de pasajeros, e incluye aeropuertos de aviación general y de carga.

**Condiciones de evaluación**

Registro en programa Airport Carbon Acreditation

# Requerimientos Economía Circular, materiales y residuos (EC/M&R)

| EC/M&R 14.1 | Materiales sustentables: Declaración Ambiental de Productos (DAP) |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Cantidad de materiales con Declaración Ambiental de Productos (DAP)** |
| **Ámbito** | **Etapa de fabricación de los materiales utilizados en el edificio.** |
| **Definición** | La Declaración Ambiental de Productos (DAP) o Etiquetas de tipo III es una declaración voluntaria basada en el estándar ISO 14025:2012. Esta declaración tiene la finalidad de promover los distintos atributos de sustentabilidad de un servicio o producto, además de activar la competitividad del mercado y generar un levantamiento de los potenciales impactos medioambientales de los mismos.<br>Una DAP tiene información basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) cumpliendo con los parámetros de la NCh-ISO 14040:2012 y NCh-ISO 14044:2012 y como mínimo deben cubrir "de la cuna a la puerta". Para más información ver **Apéndice Número 13.** |
| **Objetivo** | Promover el uso de materiales y productos con atributos de sustentabilidad y fomentar la competitividad del mercado en dicho ámbito. |

**Requerimiento voluntario**

**Opción 1:** Entregar la información de materiales o productos para la construcción permanentemente instalados que cuenten con una etiqueta ambiental tipo III, Declaración Ambiental de Productos, basada en análisis de ciclo de vida según norma UNE-EN-ISO14025, en las siguientes categorías:

- Categoría 1: Fundaciones y cimientos
- Categoría 2: Muros y estructuras (hormigón armado, albañilería, estructuras metálicas, etc.)
- Categoría 3: Tabiquerías y aislación (Placas yeso-cartón, volcometal, placas, etc.)
- Categoría 4: Ventanas y puertas
- Categoría 5: Cubiertas
- Categoría 6: Terminaciones (Interiores y exteriores)
- Categoría 7: Instalaciones

Se utilizará la siguiente escala de puntaje:

| Nivel | Cantidad de materiales o productos con DAP | Categorías | Puntaje |
|---|---|---|---|
| Sobresaliente | ≥ 20 | **≥ 5** | 3 |
| Muy bueno | 20 > y ≥ 15 | ≥ 4 | 2 |
| Bueno | 15 > y ≥ 10 | ≥ 3 | 1 |

**Opción 2**: Entregar una Declaración Ambiental de Productos o Etiqueta ambiental tipo III o (ISO 14025:2012) para el 20% del Presupuesto de Materiales del edificio. Los materiales considerados en el presupuesto deben ser permanentemente instalados en el edificio, además dentro de este presupuesto se deben excluir gastos generales (GG), utilidades, mano de obra, transporte, moldajes y cualquier otro gasto que no sea de materiales de construcción. Además, se deben incluir los materiales que se obtengan a través de subcontratos, excluyendo los mismos elementos anteriormente comentados (gastos generales, utilidades, mano de obra, etc.).

| Nivel | Cantidad de materiales o productos con DAP | Puntaje |
|---|---|---|
| Sobresaliente | ≥ 10 % | 3 |
| Muy bueno | 10% > y ≥ 5% | 2 |
| Bueno | 5% > y ≥ 1% | 1 |

## Condiciones de evaluación

**Opción 1:** Se aceptará contabilizar con un máximo de 2 DAP en el caso de utilizar a materiales o productos para la misma aplicación, pero de más de un proveedor.
Para que aplique una categoría, se debe considerar por lo menos un material con su DAP.
**Opción 2:** Se deberán declarar por medio del Presupuesto de Materiales de la Construcción de la obra las cantidades totales de los materiales instalados en el edificio por cada categoría al que se postula, así identificar claramente de cuales materiales se entregará una DAP y cuáles no.
Si dentro de un mismo material se utilizan 2 o más tipos, por ejemplo, el caso de las barras de acero, se deben identificar cuáles de las barras cuentan con su DAP, por lo tanto, los nombres de los certificados de DAP, las cantidades declaradas en el presupuesto de construcción y las facturas de la compra del material deben ser coincidentes.
Para ambas opciones se deben entregar facturas de la compra de los materiales, debe declarar las cantidades compradas.

| EC/M&R 14.2 | Materiales sustentables: Materiales con atributos circulares |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje de materiales utilizados con atributos circulares respecto del total de materiales (%).** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio. Definiciones desde la etapa de diseño.** |
| **Definición** | Se consideran materiales con atributos circulares aquellos que:<br>• Provienen de contenido reciclado o reutilizado<br>• Son de origen renovable con certificación sustentable |
| **Objetivo** | Fomentar la selección de materiales con atributos circulares en infraestructuras aeroportuarias, asegurando su trazabilidad y promoviendo la reducción de impactos ambientales desde el diseño, mediante la incorporación de materiales no vírgenes y/o de origen renovable, en línea con los principios de economía circular. |
| **Requisito** | Todos los materiales seleccionados deberán ser no tóxicos ni peligrosos, conforme a la normativa ambiental y sanitaria vigente. No se admitirán materiales que generen residuos peligrosos en su uso o disposición final (como pinturas con metales pesados, disolventes, adhesivos o sellantes peligrosos). |
| **Requerimiento voluntario** | |

Incorporar desde el diseño criterios de selección consciente de materiales. Se consideran materiales con atributos circulares aquellos que provienen de contenido reciclado o reutilizado, y/o son de origen renovable con certificación sustentable.
Se deberá especificar al menos un material o sistema constructivo con atributos circulares, fundamentado en alguno de los siguientes principios de economía circular:

**a) Componentes y/o materiales valorizables (no vírgenes)**
Materiales que incluyen contenido reciclado o reutilizado, provenientes de ciclos previos, con capacidad funcional para ser reincorporados a nuevos usos. Deben contar con respaldo mediante certificaciones reconocidas (ecoetiquetas tipo I, II o III, o Declaraciones Ambientales de Producto – EPD).

**b) Materiales de origen renovable**
Materiales provenientes de fuentes naturales renovables, cuya extracción, transformación y uso favorezcan la regeneración de recursos y la conservación del medioambiente. En el caso de la madera, esta debe provenir de fuentes certificadas con manejo sustentable, tales como FSC, SFI o PEFC (CERTFOR en Chile).

| Nivel | Materiales con atributos circulares utilizados (%) | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | > 30% | 3 |
| Bueno | 15% a 30% | 2 |

Este indicador mide la proporción materiales circulares en relación con el total de materiales empleados en la obra, calculado en función de su masa.
Este enfoque permite evaluar el desempeño en la etapa de diseño y aprovisionamiento, promoviendo la selección consciente de materiales y la incorporación de principios de economía circular desde el origen del proyecto.
El Porcentaje de materiales utilizados con atributos circulares respecto del total de materiales (%) se expresa mediante el porcentaje de entrada circular total, que corresponde a la proporción de materiales no vírgenes y/o renovables incorporados en la obra, ponderados por su masa.

Este porcentaje refleja la calidad de las decisiones en las etapas de diseño y adquisiciones, alineadas con los principios de la economía circular, y se calcula mediante la siguiente relación:

$$\%\ Materiales\ circulares = \frac{\sum_{i=1}^{n} \%\ circula_i \times masa_i}{\sum_{i=1}^{n} masa_i}$$

**Donde:**

- **% de materiales circulares:** Corresponde al porcentaje de contenido circular del material i, considerando únicamente dos fuentes: Contenido reciclado o reutilizado (materiales no vírgenes) y/o Contenido renovable proveniente de fuentes sostenibles certificadas.
- **$Masa_i$:** Masa del material i utilizado en el proyecto

## Condiciones de evaluación

Para efectos de este indicador, el "total de materiales" corresponde al 75% de la masa total estimada del proyecto, centrado en los materiales permanentes más significativos: estructura, envolvente, terminaciones, instalaciones fijas y pavimentos. Se excluyen elementos temporales, equipos móviles y mobiliario no empotrado.

**Documentación exigida para respaldar el indicador:**

- Cubicación general del proyecto, con identificación del universo de materiales considerados.
- Fichas técnicas y certificados ambientales de cada material circular (ecoetiquetas tipo I, II o III, DAP, certificados de contenido reciclado o renovable).
- Memoria técnica que detalle el procedimiento de cálculo y justifique la selección de materiales.
- Tabla resumen con el porcentaje de circularidad por material y respaldo documental correspondiente.

| EC/M&R 15.1 | Diseño modular: Diseño modular / Plan de desmontaje |
|---|---|
| **3 puntos** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje de componentes o sistemas constructivos diseñados con principios de modularidad (%)** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio. Definiciones desde la etapa de diseño.** |
| **Definición** | Se considera modularidad la utilización de sistemas estandarizados y repetibles, compatibles entre sí, que permiten el ensamblaje, desmontaje, sustitución o reutilización de componentes con mínima pérdida de materiales o alteración estructural. Esta estrategia está alineada con los principios de economía circular y el diseño para el desmontaje. |
| **Objetivo** | Fomentar que las infraestructuras aeroportuarias incorporen sistemas constructivos modulares que permitan una mayor eficiencia en obra, reducción de pérdidas, posibilidad de ampliaciones o ajustes futuros, y recuperación efectiva de materiales al término de su vida útil, reduciendo la generación de residuos y la demanda de recursos vírgenes. |

**Requerimiento voluntario**

El proyecto deberá demostrar en la etapa de diseño la incorporación de un sistema constructivo basado en principios de modularidad y coordinación dimensional, incluyendo:

- **Cuadrícula modular espacial y estructural:** Definición clara de una cuadrícula base para ordenar la disposición de elementos estructurales, cerramientos y arquitectura interior, facilitando la compatibilidad y repetibilidad.
- **Diseño en base a módulos y dimensiones estándar:** Uso de medidas normalizadas (módulos base, múltiplos de 300 mm o equivalentes) para minimizar cortes, pérdidas y adaptaciones en obra.
- **Compatibilidad entre sistemas:** Articulación coherente entre estructuras, revestimientos, instalaciones y componentes arquitectónicos, de forma que se permita su ensamblaje, desmontaje y eventual reutilización sin afectación del conjunto.
- **Estrategias de modularidad funcional:** Incorporación de componentes prefabricados, preensamblados o desmontables, que optimicen los procesos de transporte, montaje, mantención y posibles actualizaciones.

El grado de cumplimiento se determinará según el porcentaje de sistemas constructivos principales (estructura, envolvente, particiones, instalaciones, mobiliario fijo) que hayan sido diseñados siguiendo principios de modularidad.

| Nivel | Superficie construida con criterios de modularidad (%) | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | > 70% | 3 |
| Bueno | 30% a 69% | 2 |

**Condiciones de evaluación**

**Documentación requerida:**

- **Planos arquitectónicos, estructurales y de especialidades** que evidencien el uso de cuadrículas modulares y dimensiones estandarizadas. (Ingresar en Formulario Inicial de la plataforma documental CES)
- **Especificaciones técnicas de los componentes modulares utilizados,** indicando su prefabricación, desmontabilidad o capacidad de ensamblaje. (Ingresar en Formulario Inicial de la plataforma documental CES)
- **Justificación técnica de la selección de materiales o elementos** basados en normas industriales o catálogos con medidas estandarizadas.
- **Referencia a la normativa aplicable,** especialmente la norma NCh3509/1, en lo relativo a diseño para desmontaje, modularidad y aprovechamiento de materiales.
- **Memoria técnica** que identifique y cuantifique el porcentaje de sistemas constructivos diseñados con principios de modularidad, con respaldo gráfico y explicativo.

Este requerimiento busca optimizar el uso de recursos y promover una lógica de diseño que facilite intervenciones futuras, reduzca residuos y aumente el valor residual de los componentes. La modularidad es además un principio clave para permitir adaptabilidad, desmontaje selectivo y mantenimiento eficiente en infraestructuras críticas como las aeroportuarias.

| EC/M&R 16R1 | Gestión de residuos: Medidas de control y mitigación durante la construcción |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicador** | **Reporte seguimiento mensual de obra** |
| **Ámbito** | **Construcción: etapa demolición, excavación, obra gruesa y terminaciones. Incluye instalación de faena.** |
| **Definición** | Evalúa acciones destinadas a tener un manejo adecuado de los residuos y emisiones durante la construcción del edifico. |
| **Objetivo** | Asegurar que la etapa de construcción se incluyan medidas de mitigación del impacto de la obra en el sitio. |
| **Requerimiento obligatorio** | Demostrar cumplimiento del artículo 5.8.3 de la ordenanza de urbanismo y construcción. |
| **Requerimiento voluntario** | |

Presentar informes con fotografías, mensuales, indicando todas las medidas implementadas que apliquen a la etapa de construcción correspondiente. Demostrar que se implementaron todas las medidas mínimas de mitigación de obra.

| EC/M&R 16R2 | Gestión de residuos: Plan de Gestión Residuos de Construcción y Demolición |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Existencia y calidad del Plan de Gestión de RCD**<br>**Cuantificación de residuos totales.** |
| **Ámbito** | **Etapa demolición, excavación, obra gruesa y terminaciones. Incluye instalación de faena.** |
| **Definición** | Conjunto de acciones, procedimientos y medios utilizados para manejar los residuos, desde su generación hasta su disposición final, incluyendo su recolección, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación, de acuerdo con la legislación ambiental vigente y los principios de la jerarquía de gestión de residuos. |
| **Objetivo** | Asegurar la gestión sustentable de residuos en obra, a través de la reducción, valorización y adecuada disposición final de los RCD, considerando el principio de jerarquía en el manejo de residuos. |

**Requerimiento obligatorio**

**Fase diseño**
El proyecto deberá contar con un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (PGRCD), en cumplimiento con la NCh 3562:2019. Este plan debe incorporar al menos los siguientes aspectos:

- **Diagnóstico inicial de generación de residuos:** Identificar y cuantificar los tipos de residuos que se generarán en obra, diferenciando entre residuos valorizables, no valorizables y peligrosos, de acuerdo con las definiciones y clasificaciones de la norma.
- **Metas de gestión de residuos:** Establecer porcentajes objetivos de valorización, reutilización, reciclaje y disposición final segura. Estas metas deben estar justificadas en función de las características del proyecto, el volumen estimado de RCD y las capacidades de valorización disponibles en el entorno.
- **Identificación de flujos de residuos y estrategias de gestión:** Definir claramente los flujos de residuos generados en cada etapa (demolición, obra gruesa, terminaciones) y las acciones específicas para su gestión (separación en origen, almacenamiento, transporte, valorización o disposición final).
- **Gestores de residuos autorizados:** Incorporar en el plan un listado de gestores de residuos autorizados por la SEREMI de Salud o el Ministerio del Medio Ambiente para la valorización, disposición final o tratamiento, incluyendo sus certificados vigentes.

**Fase construcción**

- **Ejecución del plan de gestión de residuos:** Aplicar las medidas definidas en el PGRCD, asegurando la correcta separación, almacenamiento y disposición de los residuos.
- **Registro de residuos:** Llevar un registro mensual de la cantidad de residuos generados, valorizados y dispuestos, detallados por tipo de residuo (kg o $m^3$), indicando su destino y método de gestión.
- **Declaración de residuos:** Declarar estos residuos en la plataforma ventanilla única RETC del Ministerio del Medio Ambiente, conforme a lo establecido en el D.S. 1 de 2013 (Coordinación Mandante – Constructora).
- **Trazabilidad:** Todos los movimientos de residuos deben contar con respaldo documental, incluyendo guías de despacho, certificados de valorización, informes de disposición final y cualquier otro documento exigido por la normativa vigente.

**Condiciones de evaluación**

**Documentación requerida:**

- Plan de Gestión de RCD actualizado, conforme a NCh 3562:2019.
- Registros mensuales de generación, valorización y disposición de residuos.
- Certificados de valorización y disposición final emitidos por gestores autorizados.
- Certificado de declaración en la plataforma ventanilla única RETC del Ministerio del Medio Ambiente.
- Informe Final de Gestión de RCD con el cálculo del indicador acumulado.

| EC/M&R 16R3 | Gestión de residuos: Cuantificación de residuos generados |
|---|---|
| **Obligatorio** | |
| **Indicadores** | **Cantidad de residuos generados ($m^3/m^2$)** |
| **Ámbito** | **Etapa demolición, excavación, obra gruesa y terminaciones. Incluye instalación de faena.** |
| **Definición** | Cantidad de residuos por unidad de superficie durante la etapa de construcción del edificio. |
| **Objetivo** | Informar la cantidad de residuos generados en la etapa de construcción. |
| **Requerimiento obligatorio** | |

Informar la generación de residuos durante la etapa de construcción (demolición, movimiento de tierras y materiales de construcción) en volumen ($m^3$) respecto a la superficie certificada CES (superficie total construida, descontado estacionamientos y pisos mecánicos).

| EC/M&R 16.1 | Separación, control y reciclaje de residuos de construcción |
|---|---|
| **3 puntos** | |
| **Indicadores** | **Porcentaje de valorización de residuos en relación con el total de residuos generados (%)** |
| **Ámbito** | **Etapa demolición, excavación, obra gruesa y terminaciones. Incluye instalación de faena.** |
| **Definición** | Residuos generados en la obra que han sido valorizados mediante procesos como la reutilización, el reciclaje o su uso como insumo en otras actividades productivas.<br>Este indicador permite cuantificar el grado de aprovechamiento de los residuos y, a la vez, refleja la capacidad del proyecto para anticipar, planificar e implementar estrategias de valorización efectivas, considerando desde el diseño las características de los materiales y las oportunidades que ofrecen la infraestructura existente. |
| **Objetivo** | Incentivar la consideración anticipada de los materiales en la infraestructura, promoviendo estrategias de valorización desde el diseño y planificación de la obra. Se busca fomentar el aprovechamiento de residuos a través de procesos conocidos en Chile, como la reutilización de materiales, el reciclaje de áridos y metales, y otras formas de valorización que permitan reducir la disposición en vertederos. Este enfoque impulsa una gestión sustentable de los residuos, alineada con las capacidades disponibles en el país y el principio de economía circular. |
| **Requerimiento obligatorio** | EC/M&R 16R1, 16R2, 16R3 |
| **Requerimiento Voluntario** | |

Reducir e la cantidad de residuos que llegan a sitios de disposición final, promoviendo su aprovechamiento en ciclos productivos y fomentando una construcción más responsable y sustentable. Además, permite dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente y avanzar hacia estándares internacionales de gestión de residuos en obras de infraestructura pública.

**1. Previo al inicio de la construcción:**
El proyecto deberá contar con una estrategia de valorización de residuos integrada al Plan de Gestión de RCD, conforme a los lineamientos de la Norma Chilena NCh3562 y la Ley REP (Ley N° 20.920). Esta estrategia debe contener:

- **Diagnóstico inicial del potencial de valorización:** Identificación de los principales flujos de residuos esperados (ej. escombros, metales, madera, plásticos, cartón), y evaluación de su potencial de valorización mediante técnicas como reutilización, reciclaje, co-procesamiento, compostaje, entre otras.
- **Metas de valorización:** Definición de un porcentaje objetivo de valorización sobre el total de residuos, idealmente igual o superior al 30%. Estas metas deben estar fundamentadas en el tipo de proyecto, partidas constructivas, volumen estimado de generación y capacidades del entorno (infraestructura de valorización y gestores disponibles).
- **Identificación de flujos valorizables y vías de valorización:** Establecimiento de estrategias concretas para los principales flujos (por ejemplo: reutilización de madera estructural, reciclaje de áridos y metales, recuperación de plásticos y embalajes).
- **Gestores autorizados:** Registro de gestores de residuos autorizados por la SEREMI de Salud o el Ministerio del Medio Ambiente para la valorización y disposición final de los RCD.

**2. Durante la construcción:**

- **Implementación y seguimiento de la estrategia:** Ejecución del plan de valorización mediante la segregación, acopio y envío diferenciado de los residuos. Registro mensual por tipo de flujo (en kg o m³), detallando destino final y tipo de valorización aplicada.
- **Cálculo y reporte del indicador:** El indicador se calcula de forma mensual y acumulada como:

$$\textit{Pocentaje de valorización de residuos} = \left( \frac{\textit{Cantidad de residuos valorizados}}{\textit{Cantidad total de residuos generados}} \right) \times 100$$

Este valor deberá consolidarse y presentarse en un informe final de cierre al término de la obra.

- **Trazabilidad y respaldo documental:** Todo residuo valorizado debe contar con respaldo documental que acredite su trazabilidad y destino final. En el caso de valorización externa, se deberá adjuntar documentación emitida por gestores autorizados, como guías de despacho, certificados de valorización o informes técnicos validados por la autoridad sanitaria o ambiental competente.

El nivel alcanzado por el porcentaje de valorización de residuos corresponde a:

| Nivel | Porcentaje de valorización de residuos | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy Bueno | > 70% | 3 |
| Bueno | 30% a 69% | 2 |
| Aceptable | 15% a 29% | 1 |

**Condiciones de evaluación**

**Documentación requerida:**

- Plan de Gestión de Residuos actualizado, incluyendo la estrategia de valorización.
- Registros mensuales de residuos valorizados, con respaldos documentales.
- Informe final de valorización, que incluya el cálculo del indicador acumulado.
- Certificados de valorización de los gestores autorizados o registro interno según sea el caso.

En caso de **reutilización o valorización dentro de la misma obra,** se exigirá un registro técnico interno que incluya, como mínimo:

- Descripción del tipo y cantidad del material valorizado (kg o m³).
- Ubicación y función específica en la obra donde fue reincorporado.
- Fecha y etapa de ejecución.
- Firma del responsable técnico (IF o jefatura de obra).

# Requerimientos de gestión

| GESTIÓN 17.1 | Diseño Integrado: Generación condiciones diseño integrado |
|---|---|
| **3 puntos** | |
| **Indicadores** | **Actas de reuniones / Informe** |
| **Ámbito** | **Fase de anteproyecto** |
| **Definición** | En un Proceso de Diseño Integrado, todas las partes implicadas en el desarrollo de un edificio trabajan en conjunto y desde el inicio para lograr el objetivo común de maximizar el resultado final del proyecto a través de un diseño colaborativo. Este enfoque permite no sólo ahorrar dinero en la etapa de proyecto, sino también mejorar el rendimiento durante la etapa de operación con respecto a un edificio proyectado con el sistema tradicional. |
| **Objetivo** | El propósito del Proceso de Diseño Integradores optimizar los diseños y especificaciones de cada especialidad producto de la interrelación, de prever y contemplar tempranamente las necesidades de cada especialidad, el impacto de una sobre la otra y evitar realizar correcciones tardías en obra, producto de la descoordinación o desconocimiento de los proyectos. |

**Requerimiento voluntario**

**1. Condiciones para un Proceso de Diseño Integrado.**
Establecer procedimientos que permitan la coordinación temprana del equipo de proyecto mediante las siguientes instancias (detalladas en el **Apéndice 24.** Diseño Integrado de Anteproyecto) e identificar sinergias entre el diseño de arquitectura y las especialidades:
I. Definición del Encargo
II. Definición del equipo de proyecto y Plan de trabajo
III. Definición de estrategias generales de diseño
IV. Evaluación temprana de estrategias de diseño arquitectónico pasivo y sistemas activos.
V. Informe de eficiencia energética, calidad ambiental interior y sistemas activos.

**Condiciones de evaluación**

Los pasos i, ii y iii se comprobarán mediante la revisión de actas, según el contenido detallado en el **Apéndice 24.**
Los pasos iv) y v) se comprobarán mediante la revisión del Informe de eficiencia energética, calidad ambiental interior y sistemas activos descrito en el **Apéndice 24.** Se cotejarán los acuerdos tomados según acta y los descritos en el Informe con los proyectos de arquitectura y especialidades.

| GESTIÓN 18.1 | Operación: Verificación de sistemas y medición |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Informe de verificación de sistemas y medición.** |
| **Ámbito** | **Sistemas instalados edificios de terminales y refugios de pasajeros.** |
| **Definición** | Verificación de que los sistemas instalados en operación del edificio aeroportuario estén funcionando de acuerdo con lo diseñado. |
| **Objetivo** | Asegurar que el edificio logre los desempeños previstos, disminuyendo riesgos por fallas de equipos e ineficiencias durante la operación. |

**Requerimiento voluntario**

Verificar y reportar que los sistemas del edificio estén diseñados, instalados y operando según los requerimientos del proyecto y del mandante, asegurando un desempeño óptimo y sustentable.
El alcance de la verificación de los sistemas es al menos los siguiente:

- Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado
- Iluminación interior con control automático.
- Agua caliente sanitaria (si aplica).
- Sistemas de control automático y/o gestión energética (BMS).
- Equipos y sistemas asociados a energías renovables.
- Calidad del aire interior (monitoreo en salas técnicas y públicas).
- Sistemas de respaldo energético (generadores, UPS).
- Sistemas de bombeo e impulsión.
- Iluminación exterior crítica (pistas, rodajes).
- Ventilación mecánica de hangares, bodegas y estacionamientos.
- Sistemas de presurización de escaleras y zonas de seguridad.

**Condiciones de evaluación**

Se deberán aplicar las siguientes acciones en la documentación a presentar:

1. **Plan de verificación:** para reportar la verificación primero se deberá presentar un plan de verificación, documento técnico que define el proceso de verificación, responsables, cronograma detallado y métodos a aplicar desde la fase de diseño hasta la entrega del edificio. Dentro de la cual se debe indicar el plan de pruebas por sistema, criterios de aceptación y protocolos.
2. **Verificación de las instalaciones:** Revisión en el edificio la correcta instalación y configuración de los sistemas según planos y especificaciones técnicas.
3. **Puesta en marcha de los equipos:** ejecución de procedimientos para validar el correcto funcionamiento de los sistemas bajo condiciones normales y de carga. Incluye registros y corrección de no conformidades.
4. **Pruebas con Instrumentación especializada:** Se deben realizar mediciones instrumentadas para validar el rendimiento en condiciones reales y bajo escenarios simulados. Las mediciones mínimas y los instrumentos recomendados incluyen:
   - **Caudal de aire:** anemómetros de hilo caliente o de paleta (velocidad de aire en difusores, ductos, rejillas).
   - **Caudal de agua:** caudalímetros ultrasónicos o electromagnéticos (sistemas de climatización, impulsión sanitaria).
   - **Temperatura y humedad relativa:** sondas digitales, dataloggers o sensores termo-higrómetros.
   - **Presión diferencial:** manómetros diferenciales para verificar presurización de recintos, ventilación y filtros.
   - **Iluminancia:** luxómetros digitales para verificar niveles mínimos normativos en recintos críticos.
   - **Calidad de aire interior:** medidores de $CO_2$, compuestos orgánicos volátiles (COV), y partículas en suspensión (PM2.5/PM10).
   - **Imágenes térmicas:** cámaras termográficas para evaluar pérdidas térmicas, puentes térmicos y operación de sistemas eléctricos.
   - **Consumo eléctrico:** analizadores de redes o medidores de energía portátiles en tableros eléctricos o puntos de carga.
   - **Simulación de cargas y secuencias de control:** Pruebas dinámicas de condiciones fuera del punto de diseño: carga máxima, falla simulada, respuesta de respaldo, comportamiento de válvulas y dampers automáticos.
5. **Informe Final de verificación:** Resultados, errores, medidas correctivas, documentación audiovisual, recomendaciones de mejora operativa.
6. **Plan de mejora continua:** postular a sello plus operación.

| GESTIÓN 18.2 | Operación: Sistemas de medición en operación |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Medición diferenciada de recursos energéticos y hídricos en terminales de pasajeros de aeropuertos.** |
| **Ámbito** | **Edificios de terminales y refugios de pasajeros (excluye hangares, pistas, estacionamientos y áreas de carga).** |
| **Definición** | Reconocer el cumplimiento progresivo de requisitos para la medición y monitoreo de los consumos de electricidad, gas, diésel y agua potable utilizados exclusivamente en las instalaciones fijas del edificio de terminales de pasajeros. Se consideran tanto sistemas de mediciones convencionales como alternativas basadas en análisis de red. |
| **Objetivo** | Facilitar la gestión operativa y la identificación de oportunidades de eficiencia mediante la instalación de sistemas que permitan conocer, registrar y desagregar el consumo de energía y agua en el terminal de pasajeros, con una lectura mínima horaria y trazabilidad desde la etapa de diseño hasta la operación. |
| **Requerimiento voluntario** | |

Se reconocen las siguientes opciones de cumplimiento según el tipo de recurso y el criterio de desagregación utilizado. Cada opción puede implementarse de forma independiente o complementaria para alcanzar un mayor nivel de cumplimiento.

**Opción 1: Sistema de medición y control de agua.**
Incluir sistemas de control y/o medición que permitan una supervisión efectiva del consumo de agua y una rápida intervención en caso de desperfectos como fugas.
Implementar de sistemas de monitoreo para el control de fugas o instalación de medidores individualizados para todas las operaciones aeroportuarias relevantes (servicios higiénicos, cocinas y comedores, OAs, etc.).

**Opción 2: Medición de energía eléctrica**
La medición de electricidad se puede realizar mediante dos métodos y dos herramientas.
Método 1: Medición por tipología de recintos
Consiste en identificar el consumo de electricidad por zonas específicas del terminal o refugio de pasajeros. Estas zonas pueden incluir salas de embarque, retiro de equipajes, áreas de espera, zonas de circulación, oficinas administrativas, servicios sanitarios y zonas comerciales. Esta opción permite evaluar la eficiencia por área.
Método 2: Medición por grupos
En lugar de segmentar por recinto, este método considera la medición diferenciada de los principales grupos de consumo eléctrico: iluminación, climatización (HVAC), y fuerza (todos los demás equipos, como enchufes, ascensores, puertas automáticas, etc.).
**Herramienta 1: Medición mediante medidores directos diferenciados**
Este método consiste en instalar medidores individuales que registran el consumo eléctrico de forma separada según zonas o circuitos específicos del edificio. Los medidores deben contar con las siguientes características:

- Cada medidor deberá registrar energía de forma acumulativa, con capacidad de lectura horaria, diaria, mensual y anual.
- Los dispositivos deberán contar con memoria interna con capacidad de almacenamiento mínimo de 24 meses.
- Todos los medidores deberán tener una precisión mínima de clase 1 (IEC 62053-21).

**Herramienta 2: Medición mediante analizadores y desagregación de energía**
Utilizar una solución de medición basada en desagregación energética, que permita atribuir el consumo total de energía eléctrica del edificio a distintos usos o categorías de carga sin la necesidad de instalar medidores individuales por equipo o sistema.

- La solución deberá utilizar una combinación de algoritmos de desagregación y modelos basados en reglas locales, permitiendo alcanzar un nivel de itemización del 100% del consumo energético registrado.
- El sistema deberá ser compatible con distintas resoluciones de datos, con capacidad de análisis horaria, diaria, mensual y anual.
- El sistema debe contar con capacidad de almacenar datos por al menos 24 meses.

- La tecnología deberá considerar variables contextuales estacionalidad, tipo de energía utilizada, y otros atributos del usuario para mejorar la precisión del desglose.
- El modelo deberá permitir la asignación del consumo a categorías tales como climatización, calefacción, agua caliente, refrigeración, cocina, iluminación, entretenimiento, lavandería, consumo permanente y otros.

**Opción 3: Medición de consumo de gas**

Método 1: Medición por tipología de recintos

Medir el consumo de gas de forma diferenciada según zonas específicas dentro del terminal o refugio de pasajeros. Estas zonas pueden incluir cocinas o cafeterías, áreas de climatización, espacios técnicos, servicios sanitarios, y zonas de respaldo energético. La medición por recinto permite asociar el uso del gas con espacios específicos del edificio, facilitando la identificación de patrones de consumo y posibles focos de ineficiencia en determinadas áreas operativas.

Método 2: Medición por tipo de uso

Medir el consumo de gas de forma diferenciada según usos específicos dentro del terminal o refugio de pasajeros. Entre los usos considerados se encuentran:

- Preparación de alimentos.
- Calefacción de espacios.
- Generación de electricidad o respaldo energético (grupos electrógenos u otros sistemas de contingencia)
- Calentamiento de agua.

**Opción 4: Medición de consumo de combustibles fósiles**

Medir el consumo de combustibles fósiles de forma diferenciada según usos específicos dentro del terminal o refugio de pasajeros. Entre los usos considerados se encuentran:

- Preparación de alimentos.
- Calefacción de espacios.
- Generación de electricidad o respaldo energético (grupos electrógenos u otros sistemas de contingencia)
- Calentamiento de agua.

El nivel de cumplimiento corresponde al número de variables que se midan, a continuación, se detalla el número de variables medidas y el nivel alcanzado.

| Nivel | Cantidad de variables medidas | Puntaje |
|---|---|---|
| Sobresaliente | Tres variables | 2 |
| Muy Bueno | Dos variables | 1 |

**Condiciones de evaluación**

Los sistemas de medición tanto de agua como de energía deben ser presentados en las especialidades en la etapa de precertificación.

Se deberá presentar un reporte con las estrategias, elementos y sistemas de medición considerados.

| GESTIÓN 18.3 | Operación: Concientización uso de recursos |
|---|---|
| **2 puntos** | |
| **Indicadores** | **Programas permanentes de concientización visibles.** |
| **Ámbito** | **Edificios de terminales y refugios de pasajeros** |
| **Definición** | Entregar pleno conocimiento a los usuarios del edificio terminal o refugio de pasajeros, de la responsabilidad que tienen en la correcta utilización de los sistemas implementados relacionados al consumo de agua. |
| **Objetivo** | Fomentar una cultura de concienciación sobre el uso eficiente del agua dentro de las instalaciones aeroportuarias tanto para pasajeros, personas de estadía temporal y operarios de los terminales. |

**Requerimiento voluntario**

Se deben establecer programas permanentes de concienciación que sean visibles en todas las áreas del aeropuerto donde el agua es accesible o recintos de alta densidad de ocupación y estadía. Esto incluye servicios higiénicos, zonas de acceso a agua potable, salas de embarque, sala de retiro de equipajes, salas de espera y otros espacios comunes como el hall principal.
Para cumplir este requerimiento se deberá incorporar al edificio programas de concienciación implementados de forma permanente en todas las áreas de servicios higiénicos y zonas de acceso a agua potable o en todos los recintos de estancia común como salas de embarque, de retiro de equipajes, esperas, hall principal, etc.

**Condiciones de evaluación**

Afiches, elementos de difusión y programas de educación respecto al usos de recursos

| GESTIÓN 18.4 | Operación: Equipamiento para el manejo de residuos durante la operación del edificio |
|---|---|
| **1 punto** | |
| **Indicadores** | **Posee equipamiento para el manejo de residuos durante la operación del edificio.** |
| **Ámbito** | **Edificios de terminales y refugios de pasajeros.** |
| **Definición** | Puntos limpios o contenedores parciales por área para recibir residuos por separado durante la operación del edificio y bodegas de almacenamiento central. |
| **Objetivo** | Incorporar las condiciones necesarias para facilitar que se realice una gestión y separación adecuada de los residuos durante la operación del edificio. |

**Requerimiento voluntario**

Incorporar equipamiento y elementos que permitan la separación de los residuos durante la operación del edificio (puntos limpios o contenedores parciales por área para recibir residuos por separado).
Se deberá presentar un plan de logística para la gestión interna de la separación y acopio de residuos.

Las características generales para la ubicación y dimensionamiento de estos espacios corresponden a:

- Contar con fácil acceso para el depósito y recolección de residuos tanto para los usuarios de la edificación como lo operadores.
- La separación de residuos en espacio general del edificio considera:
  - Papeles y Cartones
  - Plásticos Reciclables
  - Metales y Latas
  - Vidrios
  - Cartón para bebidas
  - Residuos electrónicos
  - Desechos peligrosos (pilas, ampolletas, otros)
  - Residuos no reciclables y no peligrosos

Se deberá contar con espacio de almacenamiento general (central) y espacios intermedios o closets ecológicos por tipo de recintos y en los diferentes niveles.
Espacios intermedios o closets ecológicos, podrán simplificar la separación y luego realizar la separación completa en el espacio general. Como serán estos dos grupos:

- Pilas, baterías, aparatos eléctricos y electrónicos, incluidas lámparas y ampolletas con contenido de mercurio.
- Sólidos inorgánicos reciclables. Se recomienda una separación con mayor desagregación.

Los anteriores requisitos deben ajustarse a las condiciones particulares del terminal en cuanto su uso y geometría, primando lo definido por el arquitecto o proyectista.

**Condiciones de evaluación**

El dimensionamiento del espacio general del edificio debe permitir el almacenamiento del total semanal generado de residuos, más un espacio para pretratamiento y circulación libre, dependiendo del plan de gestión de residuos.
Se debe especificar la proyección de volúmenes a generar por los distintos tipos de residuos, indicando la capacidad mínima de almacenamiento en lt o $m^3$. Se deberá demostrar con un proyectista la generación de basura diaria y el almacenamiento que será considerado, por ejemplo, número de contenedores por residuo necesarios y dimensiones de cada uno.

| GESTIÓN 19.1 | Sello plus operación |
|---|---|
| **Sello Plus** | |
| **Indicadores** | **Compromiso y Plan de mejora continua** |
| **Ámbito** | **Fase de operación edificios de terminales y refugios de pasajeros.** |
| **Definición** | La operación y mantenimiento de un edificio se basa en decisiones y acciones destinadas al control y manejo de la infraestructura y el equipamiento, incluyendo actividades de decisión como programación y definición de procedimientos de optimización y control, y de acciones como rutinas preventivas y predictivas (FEMP, 2004). |
| **Objetivo** | Promover la mantención en el tiempo de las condiciones de calidad ambiental y eficiencia energética con las cuales fue certificado el edificio, como también promover y facilitar el mejoramiento continuo de la gestión medioambiental y energética del edificio. |
| **Requerimiento voluntario** | |

**Obtención del Sello Plus Operación**

1. **Para obtener el sello por primera vez el Mandante o Administrador del edificio debe entregar a la entidad certificadora los siguientes documentos (detallados en el Apéndice 30).**

i. Plan anual de gestión, mantención y reposición de los sistemas del edificio.
ii. Compromiso de registro y entrega de información de consumos mensuales de energía, agua, mantenciones y reposiciones.
iii. Compromiso de registro y entrega de información de generación de residuos mensuales.
iv. Compromiso de realizar encuestas de satisfacción a los usuarios del edificio.

2. **Revisión anual del sello Plus Operación**

Entregar informe de autodiagnóstico de acuerdo con lo descrito para la **Apéndice 30.**

3. **Renovación del sello Plus Operación**

El sello Plus Operación tiene una vigencia de cinco años desde la fecha en que es entregado. Para renovarlo, el Mandante o Administrador del edificio deberá entregar a la entidad evaluadora un informe de acuerdo con lo descrito en el punto **Apéndice 30.**

**Condiciones de evaluación**

Para aspectos de mantenimiento y otras consideraciones ver **Apéndice 30**

# Requerimientos de innovación

| INN.20 al 24 | Innovación |
|---|---|
| **6 puntos** | |
| **Indicadores** | **Innovación** |
| **Ámbito** | **Todo el edificio** |
| **Definición** | Estrategias sustentables innovadoras, no contempladas en los requerimientos CES |
| **Objetivo** | Promover nuevas estrategias sustentables innovadoras no contempladas en las categorías CES, las que podrían servir como base para futuros requerimientos estandarizados. |

**Requerimientos voluntarios**

Incorporación de estrategias no abordadas en CES.

1. **Energías limpias y electromovilidad (lineamientos Apéndice 25)**
- Carga, reabastecimiento y electrolineras (internos)
- Promoción de uso de vehículos sostenibles (externos)
- Espacio almacenamiento y operación unidades de potencia H2

2. **Net Zero (lineamientos Apéndice 26)**
- Net zero energía
- Net zero carbono

3. **Cambio climático (lineamientos Apéndice 27)**
- Diseño activo resiliente (proyecciones de temperatura y precipitaciones)
- Uso de aguas desalinizada
- Captura de agua adaptada a la diversidad meteorológica de Chile.

4. **Infraestructura verde y azul (lineamientos Apéndice 28)**
- Techos verdes, jardines verticales y parques interiores
- Reducción efecto isla de calor

5. **Sustentabilidad social (lineamientos Apéndice 29)**
- Promover equidad e inclusión social
- Promover bienestar de las comunidades aledañas
- Inclusión espacios de uso comunitario

**Condiciones de evaluación**

Para optar a este requerimiento debe entregarse los antecedentes técnicos suficientes que permitan validar la estrategia incorporada en el edificio.

1. **Descripción de la estrategia implementada:** Entregar una descripción escrita y los antecedentes suficientes como planos, detalles, fotografías, entre otros.
2. **Descripción de la metodología utilizada:** Entregar el detalle de la metodología técnica, normativa o procedimiento de referencia, detalle del software utilizado (en caso de que corresponda), entre otros.
3. **Indicador asociado al resultado de la estrategia:** Detalle del indicador considerado.
4. **Consideraciones para el seguimiento en etapa de construcción:** En caso de que a estrategia se plantee en la etapa de precertificación, deberán detallarse los aspectos clave que requieran ser revisados durante la etapa de certificación, de modo de asegurar la correcta implementación.

# Apéndices para procedimientos de cálculo

# Apendice 1: Clasificación de recintos y valores de referencia

## 1. Clasificación de recintos

La clasificación de recintos se considera como inicio los mismos criterios que plantea la certificación CES en su versión 1.1, considerando que algunos de los recintos que componen a las instalaciones aeroportuarias poseen ciertas características especiales como son una alta tasa de ocupación en espacios pequeños (como filas, prepuente de embarque, etc.) lo que indica que poseen una alta tasa de ocupación en una superficie reducida o la necesidad de privacidad en sus operaciones (por ejemplo, recintos de seguridad y atención médica), dificultan el cumplimiento de algunos requerimientos. Estas condiciones provocan que estos recintos que podrían ser catalogados como regularmente ocupados presenten dificultades para cumplir con requerimientos que la certificación CESv1.1 considera obligatorios como el acceso a iluminación natural o requerimientos voluntarios como confort térmico pasivo o acceso visual al exterior.

Debido a estas razones se consideran excepciones para los recintos con requerimientos especiales, estas excepciones significan que un recinto calificado como excepcional se puede omitir para el cálculo de algunos requerimientos obligatorios. La clasificación propuesta es la siguiente:

- **Recintos Regularmente Ocupados (RRO):** Son recintos o áreas de recintos, cuyos ocupantes presentan una permanencia continua igual o mayor a una hora al día. Se entiende que la permanencia es de la misma persona en ese rango de tiempo. Se encuentran afectos a todos los requerimientos de confort de los usuarios.

- **Recintos Regularmente Ocupados con excepción a iluminación natural y confort pasivo (RROEIC):** Son espacios habitables, recintos o áreas dentro de recintos mayores, destinados a espera activa de atención como lo son filas, zonas de check in automático y las zonas de espera de retiro de equipaje. Se deberán omitir estos recintos del requerimiento de iluminación natural debido a que, por el destino de uso de estos recintos, normalmente se encuentran en una ubicación mediterránea del edificio lo que complejiza el acceso a iluminación natural ya que la luz no alcanza a llegar con la intensidad suficiente a estas zonas o la inclusión de ventanas y celosías más grandes podría comprometer la seguridad del aeropuerto. Además se deberán omitir estos recintos en la evaluación de confort térmico debido a que son recintos con una gran carga de ocupación en un espacio reducido y un nivel de actividad medio (normalmente personas de pie con una generación de 110W/m$^2$), lo que implica que las personas generen una importante cantidad de calor de manera muy concentrada por lo que lograr alcanzar un nivel adecuado de confort sin el uso de equipos mecánicos es difícil para estos recintos considerando las restricciones de ventilación natural que poseen debido a las mismos criterios asociados a iluminación natural.

- **Recintos No Regularmente Ocupados (RNRO):** Son espacios destinados al tránsito o estadía esporádica de personas, o que son usados por ocupantes en menos de 1 hora al día. Estos espacios suelen incluir zonas técnicas como salas de máquinas, cuartos eléctricos o bodegas, así como áreas de circulación, como pasillos, escaleras o rampas. También abarcan lugares de uso temporal, como baños, vestíbulos secundarios o pequeños almacenes.

### Definición de alcances de recintos tipo

A continuación, se presenta un listado de recintos, para los cuales se establece un ajuste en los requerimientos de variables específicas, tomando como base lo definido en la versión 1.1 de CES Edificios Públicos y el resultado de la Visita Técnica realizada a aeródromos de la región de Aysén.

Tabla 1 1: Propuesta de recintos regularmente ocupados

| Tipo de recinto | Clasificación Recinto | Ajuste en Iluminación Natural | Ajuste en Acceso Visual Exterior | Ajuste en confort térmico pasivo |
|---|---|---|---|---|
| Oficinas AVSEC | RROEI | Sin exigencia para obligatorio y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Rango de confort de RRO |
| Espacios de filas y espera de equipajes | RROEIC | Sin exigencia para obligatorio y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. |
| Áreas de acceso, espacios de juegos | RRO | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 |
| Áreas de cintas de transportes u otro tipo de máquinas que impidan la estadía de personas en ese espacio | RNRO | Sin requerimiento | Sin requerimiento | Sin requerimiento |
| Áreas AVSEC de control | RROEI | Sin exigencia para obligatorio y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Rango de confort de RRO |
| Áreas PDI de control | RROEI | Sin exigencia para obligatorio y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Rango de confort de RRO |
| Salas de retenidos | RROEIC | Sin exigencia para obligatorio y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. | Sin exigencia y no se contabiliza su superficie para la evaluación del requerimiento. |
| Superficies de pasillos | RNRO | Sin requerimiento | Sin requerimiento | Sin requerimiento |
| Oficinas administrativas no AVSEC | RRO | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 | Mantiene los requerimientos de un RRO según CES v1.1 |
| Servicios Higiénicos | RNRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |
| Área de informaciones | RRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |
| Counter aerolíneas | RRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |

| Tipo de recinto | Clasificación Recinto | Ajuste en Iluminación Natural | Ajuste en Acceso Visual Exterior | Ajuste en confort térmico pasivo |
|---|---|---|---|---|
| Salas de reuniones y de descanso | RRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |
| Salas de espera | RRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |
| Concesiones de servicio y comerciales | RRO | Sin ajuste | Sin ajuste | Sin ajuste |

Fuente: Elaboración propia

Además de los recintos mencionados en la tabla 1-1 se agregan los recintos de la tabla 1-2 ya que son los que define la certificación CES v1.1 de manera base.

Tabla 1-2: Definición tipología de recintos según CES

| RRO | RNRO |
|---|---|
| Oficinas | Servicios higiénicos |
| Cafeterías | Salas de vestir |
| Salas de reuniones | Lavaderos |
| Salas de estar | Vestíbulos |
| Salas de espera y recepción | Galerías |
| Salas de audiencia | Pasillos |
| Salas atención público | Escaleras |
| Salas especiales de juzgados | Bodegas |
| Cocinas | Estacionamientos |
| Enfermerías | |
| Box de atención | |
| Comedores | |
| Habitaciones | |

Fuente: Manual CES v1.1

## 2. Cargas internas aplicables a terminales y refugios

Las cargas internas se refieren a las fuentes de calor dentro de un edificio que contribuyen a la carga térmica total que debe manejar el sistema HVAC&R y que determinan la demanda y consumo energético. Estas pueden incluir personas (cargas metabólicas), equipos electrónicos, iluminación, entre otros.

### 2.1 Ganancias internas y horarios de ocupación

Tres regímenes de operación: 24 horas (H24), régimen HJ y régimen especial (más extenso que "HJ" pero menor a una operación de 24 horas).

Esta categorización permite modelar la ocupación de los espacios en función de las horas de mayor y menor actividad.

- **Régimen horario A:** aplica a aeropuertos que operan de manera continua, 24 horas al día, los 7 días de la semana.
- **Régimen horario B:** en este régimen los aeropuertos funcionan durante un período prolongado, pero no las 24 horas. Normalmente operan durante 16-18 horas al día, comenzando temprano en la mañana y cerrando tarde en la noche.
- **Régimen horario C:** en este régimen los aeropuertos operan durante un número más limitado de horas, normalmente 12 horas al día o menos, abriendo en la mañana y cerrando temprano en la tarde o noche.
- **Régimen H24:** indica que el aeropuerto opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana.
- **Régimen HJ:** se refiere al aeropuerto que opera durante las horas diurnas, es decir, desde el amanecer hasta el atardecer.

En la Tabla 1) se observa el calendario utilizado para la simulación del modelo de escala mayor, mientras que en la Tabla 2) para el de escala menor. La columna llegada será aplicada para todos los recintos que estén asociados a aterrizajes como pueden ser área de retiro de equipajes, área de llegada de vuelos entre otras; la columna salida para todos aquellos recintos asociados a los despegues cómo área de salidas de vuelos, sala de embarques. Por último, la columna operaciones para todos aquellos recintos que sus operaciones son independientes de aterrizajes o despegues cómo oficinas y salas de espera generales.

Tabla 1: Porcentaje de tasa de ocupación para régimen H24

| Hora | Llegadas (A) | Salidas (B) | Operaciones (C) |
|---|---|---|---|
| 0 | 20% | 30% | 30% |
| 1 | 20% | 30% | 30% |
| 2 | 5% | 5% | 5% |
| 3 | 5% | 5% | 5% |
| 4 | 5% | 5% | 5% |
| 5 | 5% | 5% | 5% |
| 6 | 55% | 30% | 45% |
| 7 | 55% | 30% | 45% |
| 8 | 100% | 100% | 100% |
| 9 | 80% | 100% | 100% |
| 10 | 80% | 75% | 80% |
| 11 | 80% | 75% | 80% |
| 12 | 80% | 75% | 80% |
| 13 | 80% | 75% | 80% |
| 14 | 80% | 75% | 80% |
| 15 | 80% | 75% | 80% |

| Hora | Llegadas (A) | Salidas (B) | Operaciones (C) |
|---|---|---|---|
| 16 | 80% | 75% | 80% |
| 17 | 80% | 75% | 80% |
| 18 | 80% | 75% | 80% |
| 19 | 80% | 75% | 80% |
| 20 | 80% | 75% | 80% |
| 21 | 80% | 75% | 80% |
| 22 | 20% | 30% | 30% |
| 23 | 20% | 30% | 30% |

Tabla 2: Porcentaje de tasa de ocupación para régimen HJ Hora Llegadas (A) Salidas (B) Operaciones

| Hora | Llegadas (A) | Salidas (B) | Operaciones (C) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0% | 0% | 0% |
| 1 | 0% | 0% | 0% |
| 2 | 0% | 0% | 0% |
| 3 | 0% | 0% | 0% |
| 4 | 0% | 0% | 0% |
| 5 | 0% | 0% | 0% |
| 6 | 0% | 0% | 0% |
| 7 | 0% | 0% | 0% |
| 8 | 55% | 20% | 25% |
| 9 | 55% | 20% | 25% |
| 10 | 55% | 100% | 100% |
| 11 | 55% | 65% | 70% |
| 12 | 100% | 65% | 70% |
| 13 | 100% | 65% | 70% |
| 14 | 55% | 65% | 70% |
| 15 | 55% | 65% | 70% |
| 16 | 55% | 65% | 70% |
| 17 | 55% | 65% | 70% |
| 18 | 55% | 65% | 70% |
| 19 | 5% | 5% | 5% |
| 20 | 5% | 5% | 5% |
| 21 | 5% | 5% | 5% |
| 22 | 0% | 0% | 0% |
| 23 | 0% | 0% | 0% |

## 3. Valores de referencia

Tabla 1-3: cargas internas para simulaciones

| Recintos | Régimen de horario | Tasa de ocupación | | Tasas de ventilación | | Cargas Internas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Personas / 100m² | m² / personas | L/s persona | L/s² m | Personas (W/ personas) | Personas (W/m²) | Equipos (W/ m²) | Iluminación (W/m²) |
| Área counters (check-in) | A | 24,4 | 4,1 | 2,5 | 0,3 | 115 | 28,2 | 9 | 16 |
| Área de descanso (soft-seating) | C[1] | 28,6 | 3,5 | 2,5 | 0,3 | 105 | 29,9 | 6,5 | 13 |
| Área de llegada de vuelos (hall de llegada) | A | 43,5 | 2,3 | 3,8 | 0,6 | 145 | 63,1 | 2,7 | 14 |
| Área de retiro de equipaje | A | 8,5 | 11,8 | 3,8 | 0,6 | 160 | 13,6 | 2,7 | 11 |
| Área de salidas de vuelos (hall de salida) | A | 43,5 | 2,3 | 3,8 | 0,6 | 145 | 63,1 | 2,7 | 14 |
| Áreas de control (AVSEC, PDI, SAG, Aduanas, otros) | C2 | 10,0 | 10 | 2,5 | 0,3 | 220 | 22 | 16,1 | 12 |
| Circulación y pasillos | C2 | 0,0 | 0 | 2,5 | 0,3 | - | 0 | 0 | 5 |
| Concesiones comerciales (Tiendas) | C2 | 40,0 | 2,5 | 3,8 | 0,3 | 130 | 52,0 | 4 | 16 |
| Estar para personal de losa | C | 20,0 | 5 | 2,5 | 0,3 | 115 | 23 | 9 | 13 |
| Oficinas servicios dependiente de operaciones | C2 | 20,0 | 5 | 2,5 | 0,3 | 115 | 23 | 9 | 12 |
| Oficinas servicios públicos (independientes operaciones) | C2 | 20,0 | 5 | 2,5 | 0,3 | 115 | 23 | 9 | 12 |
| Prepuentes de embarque | B | 35,7 | 2,8 | 2,5 | 0,3 | 145 | 52,2 | 0 | 14 |
| Puentes de embarque | B | 35,7 | 2,8 | 2,5 | 0,3 | 145 | 52,2 | 0 | 14 |
| Restaurantes y cafeterías (exc. Preparación, sala residuos) | C2 | 71,4 | 1,4 | 3,8 | 0,6 | 115 | 82,1 | 65 | 7 |
| Restaurantes y cafeterías (preparación, sala residuos) | C2 | 20,0 | 5,0 | 3,8 | 0,9 | 220 | 44,0 | 65 | 13 |
| Sala de embarque (por puente) | B | 45,5 | 2,2 | 3,8 | 0,6 | 145 | 67,4 | 2,7 | 14 |
| Zona de juegos infantiles | C2 | 15,4 | 6,5 | 3,8 | 0,6 | 160 | 24,6 | 2,7 | 15 |
| Sala de embarque (remoto) | B | 30,3 | 3,3 | 3,8 | 0,6 | 145 | 43,9 | 2,7 | 14 |
| Salas de espera embarque | B | 45,5 | 2,2 | 3,8 | 0,6 | 145 | 67,4 | 2,7 | 13 |
| Salas de espera generales | C | 45,5 | 2,2 | 3,8 | 0,6 | 145 | 67,4 | 2,7 | 13 |
| Sala de lactancia | C2 | 20,0 | 5,0 | 5 | 0,9 | 115 | 23,0 | 2,7 | 13 |
| Salas de reuniones y auditorios | C2 | 50,0 | 2 | 2,5 | 0,3 | 115 | 57,5 | 9 | 13,3 |
| Salas técnicas | C | 50,0 | 2 | 2,5 | 0,3 | 295 | 147,5 | 10 | 9 |
| Bodegas | C | 50,0 | 2 | 2,5 | 0,3 | 220 | 110 | 0 | 8,5 |
| Bodegas ≤ 4,65m² | C | 50,0 | 2 | 2,5 | 0,3 | 220 | 110 | 0 | 13 |
| Kitchenettes | C2 | 20,0 | 5,0 | 3,8 | 0,6 | 220 | 44,0 | 65 | 13 |
| Camarines / Servicios higiénicos | C2 | 0,0 | 0 | 2,5 | 0,9 | - | 0 | 0 | 9 |
| Filas | C2 | 43,5 | 2,3 | 3,8 | 0,6 | 115 | 50,2 | 0 | 13 |

Fuente: Elaboración propia en base a ASHRAE 90.1 2016 y 2022, ASHRAE Handbook of Fundamentals 2017, CIBSE Guide-A 2021, Manual CES v1.1

[1] Recintos con régimen C se pueden utilizar en régimen A o B según su destino y ubicación.

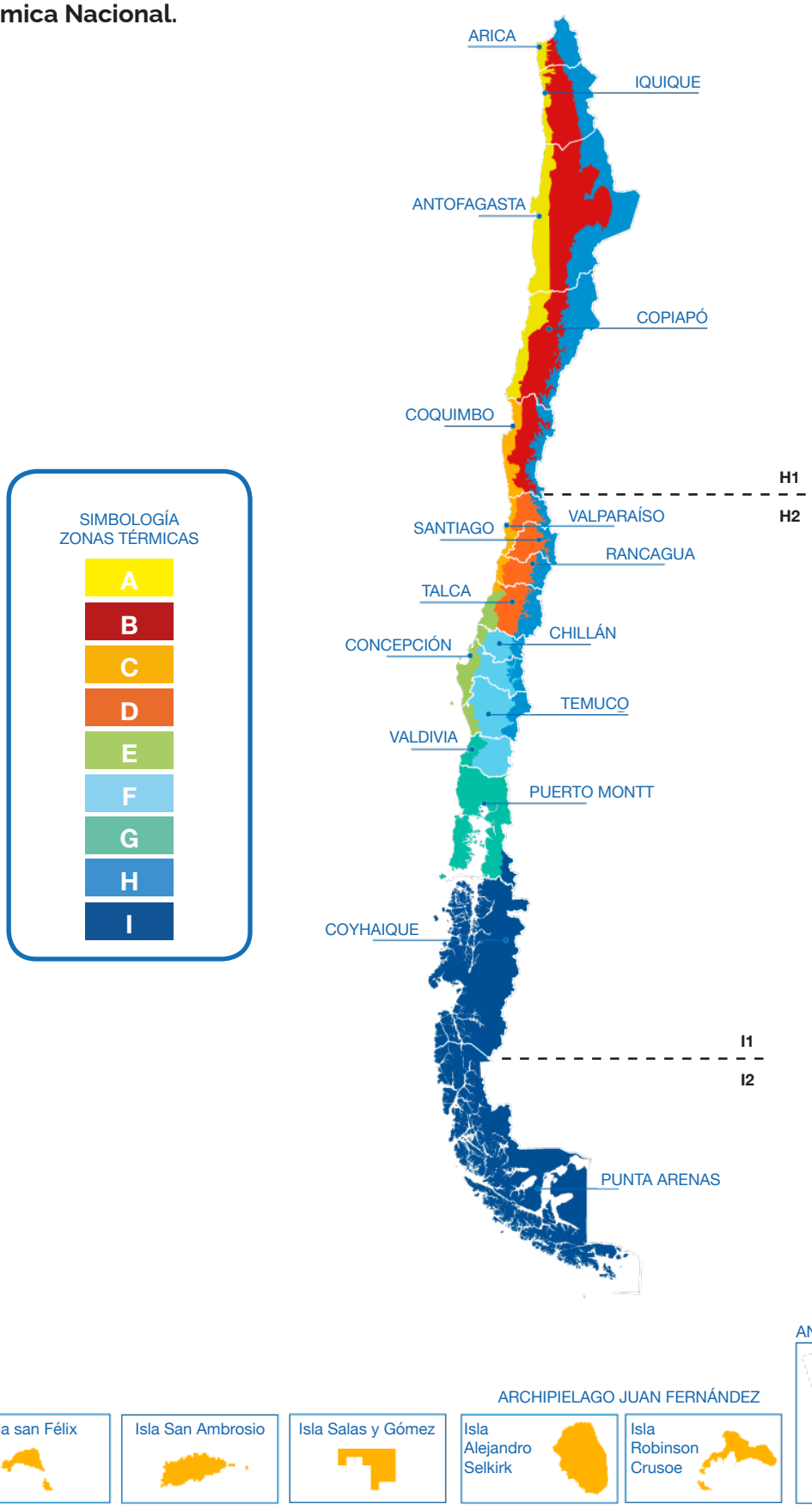
## Apéndice 2: Zonas climáticas

La zonificación térmica basada en lo definido en la norma NCh 1079: Of.2019 tabla 1, y descrita en la tabla 2: localización y descripción del clima por zonas.

Tabla 1

| Zona | Localización | Características generales |
|---|---|---|
| **Zona A (costera)** | Se extiende por el Norte desde la comuna de Arica hasta la comuna de Freirina por el Sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. | Zona limitada por el Océano Pacífico al Oeste y el meridiano 70° y límites comunales (Zona Térmica B) al Este. En las localidades divididas por el meridiano 70° se deben adoptar las exigencias de la Zona Térmica B. |
| **Zona B (interior)** | Se extiende por el norte desde la comuna de Arica hasta las comunas de Illapel y Salamanca por el Sur, incluidas éstas. | Zona limitada por las Zonas Térmicas A y C por el Oeste y por la Zona Térmica H al Este. |
| **Zona C (costera)** | Se extiende por el Norte desde la comuna de La Higuera hasta la comuna de Licantén por el Sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. | Zona limitada por el Océano Pacífico al Oeste y las Zonas Térmicas B y D al Este. |
| **Zona D (interior)** | Se extiende por el Norte desde la comuna de Petorca hasta la comuna de Parral por el Sur, incluida ésta. | Zona limitada por las Zonas Térmicas C y E al Oeste y por la Zona Térmica H al Este. |
| **Zona E (costera)** | Se extiende por el Norte desde la comuna de Curepto hasta la comuna de Toltén por el Sur, incluida ésta y las islas presentes en esta zona. | Zona limitada por el Océano Pacífico al Oeste y por las Zonas Térmicas D y F al Este. |
| **Zona F (interior)** | Se extiende por el Norte desde la comuna de Niquén y San Fabián hasta Río Bueno por el Sur, incluida ésta. | Zona limitada por las Zonas Térmica E y G por el Oeste y por las Zonas Térmicas H y Argentina al Este. |
| **Zona G (sur)** | Se extiende por el norte desde las comunas de Mariquina, Máfil y Valdivia hasta las comunas de Quellón y Chaitén por el Sur, ambas incluidas y las islas presentes en esta zona. | Zona limitada por el Océano Pacífico al Oeste y Argentina al Este. |
| **Zona H (cordillera de Los Andes)** | Se extiende por el norte desde la comuna de Arica y General Lagos hasta la comuna de Pucón y Curarrehue por el Sur, ambas incluidas. | Zona limitada por las Zonas Térmicas B, D y F al Oeste y Argentina al Este. |
| **Zona I (extremo sur)** | Se extiende por el norte desde las comunas de Guaitecas, Cisnes y Palena hasta el territorio Antártico Chileno por el Sur, incluido éste y las islas presentes en esta zona. | Zona limitada por el Océano Pacífico al Oeste y Argentina al Este. |

## Zonificación Térmica Nacional.



**Detalle zonificación por comuna.**

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Arica y Parinacota | Arica | Arica | A | - | < 1.100 |
| De Arica y Parinacota | Arica | Arica | B | - | 1.100 ≤ altitud < 3.000 |
| De Arica y Parinacota | Arica | Arica | H | - | ≥ 3.000 |
| De Arica y Parinacota | Arica | Camarones | A | - | < 1.100 |
| De Arica y Parinacota | Arica | Camarones | B | - | 1.100 ≤ altitud < 3.000 |
| De Arica y Parinacota | Arica | Camarones | H | - | ≥ 3.000 |
| De Arica y Parinacota | Parinacota | Putre | H | - | ≥ 3.000 |
| De Arica y Parinacota | Parinacota | General Lagos | H | - | ≥ 3.000 |
| De Tarapacá | Iquique | Iquique | A | - | - |
| De Tarapacá | Tamarugal | Camiña | B | - | 1.100 ≤ altitud < 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Camiña | H | - | ≥ 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Colchane | H | - | - |
| De Tarapacá | Tamarugal | Huara | A | - | < 1.100 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Huara | B | - | 1.100 ≤ altitud < 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Huara | H | - | ≥ 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Pica | B | - | < 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Pica | H | - | ≥ 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Pozo Almonte | B | - | < 3.000 |
| De Tarapacá | Tamarugal | Pozo Almonte | H | - | ≥ 3.000 |
| De Tarapacá | Iquique | Alto Hospicio | A | - | - |
| De Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | A | ≥ 70° | - |
| De Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | B | < 70° | < 3.000 |
| De Antofagasta | Antofagasta | Antofagasta | H | - | ≥ 3.000 |
| De Antofagasta | Antofagasta | Mejillones | A | - | - |
| De Antofagasta | Antofagasta | Sierra Gorda | B | - | - |
| De Antofagasta | Antofagasta | Taltal | A | ≥ 70° | - |
| De Antofagasta | Antofagasta | Taltal | B | < 70° | < 3.000 |
| De Antofagasta | Antofagasta | Taltal | H | - | ≥ 3.000 |
| De Antofagasta | El Loa | Calama | B | - | < 3.000 |
| De Antofagasta | El Loa | Calama | H | - | ≥ 3.000 |
| De Antofagasta | El Loa | Ollagüe | H | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | B | - | < 3.000 |
| De Antofagasta | El Loa | San Pedro de Atacama | H | - | ≥ 3.000 |
| De Antofagasta | Tocopilla | Tocopilla | A | - | - |
| De Antofagasta | Tocopilla | María Elena | B | - | - |
| De Atacama | Copiapó | Copiapó | A | > 70° 44’ | - |
| De Atacama | Copiapó | Copiapó | B | ≤ 70° 44’ | < 3.000 |
| De Atacama | Copiapó | Copiapó | H | - | ≥ 3.000 |
| De Atacama | Copiapó | Caldera | A | - | - |
| De Atacama | Copiapó | Tierra Amarilla | B | - | < 3.000 |
| De Atacama | Copiapó | Tierra Amarilla | H | - | ≥ 3.000 |
| De Atacama | Chañaral | Chañaral | A | - | - |
| De Atacama | Chañaral | Diego de Almagro | B | - | < 3.000 |
| De Atacama | Chañaral | Diego de Almagro | H | - | ≥ 3.000 |
| De Atacama | Huasco | Vallenar | B | - | - |
| De Atacama | Huasco | Alto del Carmen | B | - | < 3.000 |
| De Atacama | Huasco | Alto del Carmen | H | - | ≥ 3.000 |
| De Atacama | Huasco | Freirina | A | - | - |
| De Atacama | Huasco | Huasco | A | - | - |
| De Coquimbo | Elqui | La Serena | C | > 71° | - |
| De Coquimbo | Elqui | La Serena | B | ≤ 71° | - |
| De Coquimbo | Elqui | Coquimbo | C | - | - |
| De Coquimbo | Elqui | Andacollo | B | - | - |
| De Coquimbo | Elqui | La Higuera | C | > 71° | - |
| De Coquimbo | Elqui | La Higuera | B | ≤ 71° | - |
| De Coquimbo | Elqui | Paiguano | B | - | < 3.000 |
| De Coquimbo | Elqui | Paiguano | H | - | ≥ 3.000 |
| De Coquimbo | Elqui | Vicuña | B | - | < 3.000 |
| De Coquimbo | Elqui | Vicuña | H | - | ≥ 3.000 |
| De Coquimbo | Choapa | Illapel | B | - | < 2.000 |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Coquimbo | Choapa | Illapel | H | - | ≥ 2.000 |
| De Coquimbo | Choapa | Canela | C | - | - |
| De Coquimbo | Choapa | Los Vilos | C | - | - |
| De Coquimbo | Choapa | Salamanca | B | - | < 2.000 |
| De Coquimbo | Choapa | Salamanca | H | - | ≥ 2.000 |
| De Coquimbo | Limari | Ovalle | C | > 71° 15’ | - |
| De Coquimbo | Limari | Ovalle | B | ≤ 71° 15’ | - |
| De Coquimbo | Limari | Combarbalá | B | - | < 2.000 |
| De Coquimbo | Limari | Combarbalá | H | - | ≥ 2.000 |
| De Coquimbo | Limari | Monte Patria | B | - | < 2.000 |
| De Coquimbo | Limari | Monte Patria | H | - | ≥ 2.000 |
| De Coquimbo | Limari | Punitaqui | B | - | - |
| De Coquimbo | Limari | Río Hurtado | B | - | < 3.000 |
| De Coquimbo | Limari | Río Hurtado | H | - | ≥ 3.000 |
| De Valparaíso | Valparaíso | Valparaíso | C | - | - |
| De Valparaíso | Valparaíso | Casablanca | C | - | - |
| De Valparaíso | Valparaíso | Concón | C | - | - |
| De Valparaíso | Valparaíso | Juan Fernández | C | - | - |
| De Valparaíso | Valparaíso | Puchuncaví | C | - | - |
| De Valparaíso | Marga Marga | Quilpué | D | - | |
| De Valparaíso | Valparaíso | Quintero | C | - | - |
| De Valparaíso | Marga Marga | Villa Alemana | D | - | |
| De Valparaíso | Valparaíso | Viña del Mar | C | - | - |
| De Valparaíso | Isla de Pascua | Isla de Pascua | A | - | - |
| De Valparaíso | Los Andes | Los Andes | D | - | < 2.000 |
| De Valparaíso | Los Andes | Los Andes | H | - | ≥ 2.000 |
| De Valparaíso | Los Andes | Calle Larga | D | - | - |
| De Valparaíso | Los Andes | Rinconada | D | - | - |
| De Valparaíso | Los Andes | San Esteban | D | - | < 2.000 |
| De Valparaíso | Los Andes | San Esteban | H | - | ≥ 2.000 |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Valparaíso | Petorca | La Ligua | C | > 71° 15’ | - |
| De Valparaíso | Petorca | La Ligua | D | ≤ 71° 15’ | - |
| De Valparaíso | Petorca | Cabildo | D | - | < 2.000 |
| De Valparaíso | Petorca | Cabildo | H | - | ≥ 2.000 |
| De Valparaíso | Petorca | Papudo | C | - | - |
| De Valparaíso | Petorca | Petorca | D | - | < 2.000 |
| De Valparaíso | Petorca | Petorca | H | - | ≥ 2.000 |
| De Valparaíso | Petorca | Zapallar | C | - | - |
| De Valparaíso | Quillota | Quillota | D | - | - |
| De Valparaíso | Quillota | Calera | D | - | - |
| De Valparaíso | Quillota | Hijuelas | D | - | - |
| De Valparaíso | Quillota | La Cruz | D | - | - |
| De Valparaíso | Marga Marga | Limache | D | - | - |
| De Valparaíso | Quillota | Nogales | D | - | - |
| De Valparaíso | Marga Marga | Olmué | D | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | San Antonio | C | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | Algarrobo | C | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | Cartagena | C | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | El Quisco | C | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | El Tabo | C | - | - |
| De Valparaíso | San Antonio | Santo Domingo | C | - | - |
| De Valparaíso | San Felipe | San Felipe | D | - | - |
| De Valparaíso | San Felipe | Catemu | D | - | - |
| De Valparaíso | San Felipe | Llaillay | D | - | - |
| De Valparaíso | San Felipe | Panquehue | D | - | - |
| De Valparaíso | San Felipe | Putaendo | D | - | < 2.000 |
| De Valparaíso | San Felipe | Putaendo | H | - | ≥ 2.000 |
| De Valparaíso | San Felipe | Santa María | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Santiago | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Cerrillos | D | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Cerro Navia | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Conchalí | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | El Bosque | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Estación Central | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Huechuraba | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Independencia | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | La Cisterna | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | La Florida | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | La Granja | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | La Pintana | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | La Reina | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Las Condes | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Lo Barnechea | D | - | < 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Lo Barnechea | H | - | ≥ 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Lo Espejo | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Lo Prado | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Macul | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Maipú | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Ñuñoa | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Pedro Aguirre Cerda | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Peñalolén | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Providencia | D | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Pudahuel | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Quilicura | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Quinta Normal | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Recoleta | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Renca | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | San Joaquín | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | San Miguel | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | San Ramón | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Santiago | Vitacura | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Cordillera | Puente Alto | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Cordillera | Pirque | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Cordillera | San José de Maipo | D | - | < 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Cordillera | San José de Maipo | H | - | ≥ 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Chacabuco | Colina | D | - | < 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Chacabuco | Colina | H | - | ≥ 2.000 |
| Metropolitana de Santiago | Chacabuco | Lampa | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Chacabuco | Tiltil | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Maipo | San Bernardo | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Maipo | Buin | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Maipo | Calera de Tango | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Maipo | Paine | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Melipilla | Melipilla | D | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Metropolitana de Santiago | Melipilla | Alhué | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Melipilla | Curacaví | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Melipilla | María Pinto | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Melipilla | San Pedro | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Talagante | Talagante | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Talagante | El Monte | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Talagante | Isla de Maipo | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Talagante | Padre Hurtado | D | - | - |
| Metropolitana de Santiago | Talagante | Peñaflor | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Rancagua | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Codegua | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Codegua | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Coinco | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Coltauco | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Doñihue | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Graneros | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Las Cabras | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Machalí | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Machalí | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Malloa | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Malloa | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Mostazal | D | - | < 1.000 |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Mostazal | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Olivar | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Peumo | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Pichidegua | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Quinta de Tilcoco | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Rengo | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Rengo | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Requínoa | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | Requínoa | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cachapoal | San Vicente | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | Pichilemu | C | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | La Estrella | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | Litueche | C | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | Marchihue | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | Navidad | C | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Cardenal Caro | Paredones | C | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | San Fernando | D | - | < 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | San Fernando | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Chépica | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Chimbarongo | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Lolol | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Nancagua | D | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Palmilla | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Peralillo | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Placilla | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Pumanque | D | - | - |
| Del Libertador B. O'Higgins | Colchagua | Santa Cruz | D | - | - |
| Del Maule | Talca | Talca | D | - | - |
| Del Maule | Talca | Constitución | E | - | - |
| Del Maule | Talca | Curepto | E | - | - |
| Del Maule | Talca | Empedrado | E | - | - |
| Del Maule | Talca | Maule | D | - | - |
| Del Maule | Talca | Pelarco | D | - | - |
| Del Maule | Talca | Pencahue | D | - | - |
| Del Maule | Talca | Río Claro | D | - | |
| Del Maule | Talca | San Clemente | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Talca | San Clemente | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Talca | San Rafael | D | - | - |
| Del Maule | Cauquenes | Cauquenes | E | - | - |
| Del Maule | Cauquenes | Chanco | E | - | - |
| Del Maule | Cauquenes | Pelluhue | E | - | - |
| Del Maule | Curico | Curicó | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Curico | Curicó | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Curico | Hualañé | D | - | - |
| Del Maule | Curico | Licantén | C | - | - |
| Del Maule | Curico | Molina | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Curico | Molina | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Curico | Rauco | D | - | - |
| Del Maule | Curico | Romeral | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Curico | Romeral | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Curico | Sagrada Familia | D | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Del Maule | Curico | Teno | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Curico | Teno | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Curico | Vichuquén | C | - | |
| Del Maule | Linares | Linares | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Linares | Linares | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Linares | Colbún | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Linares | Colbún | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Linares | Longaví | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Linares | Longaví | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Linares | Parral | D | - | < 1.000 |
| Del Maule | Linares | Parral | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Maule | Linares | Retiro | D | - | - |
| Del Maule | Linares | San Javier | D | - | - |
| Del Maule | Linares | Villa Alegre | D | - | - |
| Del Maule | Linares | Yerbas Buenas | D | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Concepción | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Coronel | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Chiguayante | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Florida | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Hualqui | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Lota | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Penco | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | San Pedro de la Paz | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Santa Juana | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Talcahuano | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Tomé | E | - | - |
| Del Bíobío | Concepción | Hualpén | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Lebu | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Arauco | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Cañete | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Contulmo | E | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| Del Bíobío | Arauco | Curanilahue | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Los Álamos | E | - | - |
| Del Bíobío | Arauco | Tirúa | E | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Los Ángeles | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Antuco | F | - | < 1.000 MSNM |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Antuco | H | - | > 1.000 MSNM |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Cabrero | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Laja | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Mulchén | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Nacimiento | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Negrete | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Quilaco | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Quilleco | F | - | < 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Quilleco | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | San Rosendo | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Santa Bárbara | F | - | < 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Santa Bárbara | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Tucapel | F | - | < 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Tucapel | H | - | ≥ 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Yumbel | F | - | - |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Alto Biobío | F | - | < 1.000 |
| Del Bíobío | Bío- Bío | Alto Biobío | H | - | ≥ 1.000 |
| De Ñuble | Diguillín | Chillán | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | Bulnes | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | Chillán Viejo | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | El Carmen | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | Pemuco | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | Pinto | F | - | < 1.000 |
| De Ñuble | Diguillín | Pinto | H | - | ≥ 1.000 |
| De Ñuble | Diguillín | Quillón | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | San Ignacio | F | - | - |
| De Ñuble | Diguillín | Yungay | F | - | < 1.000 |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Ñuble | Diguillín | Yungay | H | - | ≥ 1.000 |
| De Ñuble | Punilla | San Carlos | F | - | - |
| De Ñuble | Punilla | Coihueco | F | - | < 1.000 |
| De Ñuble | Punilla | Coihueco | H | - | ≥ 1.000 |
| De Ñuble | Punilla | Ñiquén | F | - | - |
| De Ñuble | Punilla | San Fabián | F | - | < 1.000 |
| De Ñuble | Punilla | San Fabián | H | - | ≥ 1.000 |
| De Ñuble | Punilla | San Nicolás | F | - | - |
| De Ñuble | Itata | Quirihue | E | - | - |
| De Ñuble | Itata | Cobquecura | E | - | - |
| De Ñuble | Itata | Coelemu | E | - | - |
| De Ñuble | Itata | Ninhue | F | - | - |
| De Ñuble | Itata | Portezuelo | F | - | - |
| De Ñuble | Itata | Ránquil | F | - | - |
| De Ñuble | Itata | Treguaco | E | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Temuco | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Carahue | E | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Cunco | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Curarrehue | H | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Freire | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Galvarino | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Gorbea | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Lautaro | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Loncoche | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Melipeuco | H | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Nueva Imperial | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Padre Las Casas | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Perquenco | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Pitrufquén | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Pucón | H | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Saavedra | E | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De La Araucanía | Cautín | Teodoro Schmidt | E | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Toltén | E | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Vilcún | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Villarrica | F | - | - |
| De La Araucanía | Cautín | Cholchol | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Angol | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Collipulli | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Curacautín | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Ercilla | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Lonquimay | H | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Los Sauces | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Lumaco | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Purén | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Renaico | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Traiguén | F | - | - |
| De La Araucanía | Malleco | Victoria | F | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Valdivia | G | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Corral | G | - | - |
| De Los Ríos | Ranco | Futrono | F | - | - |
| De Los Ríos | Ranco | La Unión | G | > 73° 15’ | - |
| De Los Ríos | Ranco | La Unión | F | ≤ 73° 15’ | - |
| De Los Ríos | Ranco | Lago Ranco | F | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Lanco | F | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Los Lagos | F | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Máfil | G | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Mariquina | G | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Paillaco | F | - | - |
| De Los Ríos | Valdivia | Panguipulli | F | - | - |
| De Los Ríos | Ranco | Río Bueno | F | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Puerto Montt | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Calbuco | G | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Los Lagos | Llanquihue | Cochamó | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Fresia | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Frutillar | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Los Muermos | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Llanquihue | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Maullín | G | - | - |
| De Los Lagos | Llanquihue | Puerto Varas | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Castro | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Ancud | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Chonchi | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Curaco de Vélez | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Dalcahue | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Puqueldón | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Queilén | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Quellón | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Quemchi | G | - | - |
| De Los Lagos | Chiloe | Quinchao | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | Osorno | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | Puerto Octay | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | Purranque | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | Puyehue | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | Río Negro | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | San Juan de la Costa | G | - | - |
| De Los Lagos | Osorno | San Pablo | G | - | - |
| De Los Lagos | Palena | Chaitén | G | - | - |
| De Los Lagos | Palena | Futaleufú | I | - | - |
| De Los Lagos | Palena | Hualaihué | G | - | - |
| De Los Lagos | Palena | Palena | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Coyhaique | Coyhaique | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Coyhaique | Lago Verde | I | - | - |

| Región | Provincia | Comuna | Zona Térmica | Límite | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Meridiano | Altitud [MSNM] |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Aysén | Aysén | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Aysén | Cisnes | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Aysén | Guaitecas | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Capitan Prat | Cochrane | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Capitan Prat | O'Higgins | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | Capitan Prat | Tortel | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | General Carrera | Chile Chico | I | - | - |
| De Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo | General Carrera | Río Ibáñez | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Magallanes | Punta Arenas | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Magallanes | Laguna Blanca | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Magallanes | Río Verde | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Magallanes | San Gregorio | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Antártica Chilena | Cabo de Hornos | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Porvenir | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Primavera | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Tierra del Fuego | Timaukel | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Ultima Esperanza | Natales | I | - | - |
| De Magallanes y de La Antártica Chilena | Ultima Esperanza | Torres del Paine | I | - | - |

# Apéndice 3: Metodología Confort Térmico Pasivo

Luego de realizar simulaciones y obtener las horas de disconfort, éstas se deben ponderar según su superficie para luego ser sumadas y obtener así el total del establecimiento. El modelo de referencia se calcula de forma similar, con la diferencia que los cuatro resultados obtenidos de sus distintas orientaciones se deben promediar, por lo tanto, el porcentaje de reducción para las horas de disconfort se calcula de la siguiente forma:

- Metodología de los TDRe de la DA MOP, 2012

$$Horas\ de\ disconfort_{M1} = \Sigma \frac{A_r \cdot H_{r1}}{A_t}$$

- Horas de disconfort – Modelo 2

$$Horas\ de\ disconfort_{M2} = \frac{M2_0 + M2_{90} + M2_{180} + M2_{270}}{4}$$

$$M2_x = \Sigma \frac{A_r \cdot H_{r2}}{A_t}$$

- Reducción Hrs de disconfort

$$Reducción = 1 - \left( \frac{Horas\ de\ disconfort_{M1}}{Horas\ de\ disconfort_{M2}} \right) 100$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $Horas\ de\ disconfort_M$ | = Son las Horas totales de disconfort que presenta el modelo |
| $A_r$ | = Área del recinto |
| $A_t$ | = Área total de la edificación |
| $H_{r1} \mid H_{r2}$ | = Horas de disconfort del recinto en el modelo 1 o modelo 2) |
| $H2_X$ | = Horas de disconfort totales del modelo 2 en sus cuatro orientaciones (0°, 90°, 180° y 270°) |

# Apéndice 4: Calidad del aire, ventilación natural – aplica sólo para pequeños aeródromos

## Metodologías de cálculo para ventilación natural.

Previa a calcular el caudal que entrega la ventilación natural, se deberá determinar el caudal mínimo necesario. Este podrá basarse en lo definido en ASHRAE 62.1-2007 (Ver Apéndice 5) y/o según el estándar UNE 13779/2008, el cual permite calcular la concentración de $CO_2$ y partir de ese indicador, el caudal mínimo necesario A continuación se detalla el cálculo mediante UNE 13779/2008:

1. Dependiendo de cada tipo de edificación se deberá cumplir con la categoría asignada

| Categoría | Calidad | Edificio |
|---|---|---|
| IDA 1 | Aire de óptima calidad | Hospitales, clínicas, Laboratorios, Guarderías. |
| IDA 2 | Aire de buena calidad | Oficinas, residencias, sala de lecturas, aulas, museos, salas de tribunales, piscinas. |
| IDA 3 | Aire de calidad media | Edificios comerciales, cines, teatros, habitación de hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales deportivos, sala de computadores. |
| IDA 4 | Aire de calidad baja | - |

2. Las concentraciones de $CO_2$ límites permitidas (en partes por millón en volumen o ppm), por encima de la concentración en el aire exterior, para cada categoría.

| Clasificación | Concentración interior $CO_2$ (ppm) |
|---|---|
| IDA 1 | <400 |
| IDA 2 | 400 - 600 |
| IDA 3 | 600 – 1.000 |
| IDA 4 | >1000 |

En caso de no conocer la concentración $CO_2$ en el aire exterior, se utilizará por defecto un valor conservador de 400 ppm.[12]

El volumen de aire necesario para el cumplimiento de las concentraciones de $CO_2$ para cada edificación se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ah} = \frac{Q_p \, X \, P_s \, X \, S \, X \, 10^3}{IDA}$$

Dónde:

$Q_{ah}$ = Caudal de aire requerido ($m^3/h$)
$Q_p$ = Caudal de $CO_2$ generado por persona (l/ (h x persona))
$P_s$ = Personas por superficie (persona/$m^2$)
$S$ = Superficie de edificación ($m^2$)
$10^3$ = Conversión de unidades
$IDA$ = Concentración límite de $CO_2$ por tipología de edificación

Nota: La ecuación no considera tratamiento de aire.

12 La concentración de $CO^2$ en el aire exterior oscila entre 360 ppm en áreas de aire limpio y 700 ppm en las ciudades. El valor máximo recomendado para los interiores es de 1.000 ppm, o hasta 1.500 ppm en ciertos casos puntuales.

| | Carga Sensorial olf/ocupante | $CO_2$ (l/(h x ocupante)) |
|---|---|---|
| **Sedentarios, 1-1,2 met**[1] 0% de fumadores | 1 | 19 |
| **Ejercicio físico** | | |
| Bajo, 3 met | 4 | 50 |
| Medio, 6 met | 10 | 100 |
| Alto (atlético), 10 met | 20 | 170 |
| **Niños** | | |
| Centro de atención infantil (3-6 años), 2,7 met | 1,2 | 18 |
| Colegio (14-16 años), 1,2 met | 1,3 | 19 |

[1]1 met es la tasa metabólica de una persona sedentaria en reposo (1 met = 58 W/m² de superficie cutánea).

### Opción 1: Metodología de los TDRe de la DA MOP, 2012

Para estimar el caudal de aire por ventilación pasiva, debido a la apertura de ventanas, se utiliza la siguiente ecuación, establecida por los TDRe del MOP, 2012:

$$Q_{av} = 1800 \bullet Av \bullet V^{0,5}$$

$$V = C_t + C_w \bullet V_m^2 + C_{st} \bullet H_v |(T_i - T_e)|$$

Dónde:

$Q_{av}$ = Caudal de aire ($m^3/h$)
$Av$ = Área de abertura de la ventana ($m^2$)
$V$ = Velocidad del viento (m/h)
$C_t$ = 0,01: Coeficiente que toma en cuenta las turbulencias del viento (s/d)
$C_t$ = 0,001: Coeficiente que toma en cuenta la velocidad del viento (s/d)
$V_m$ = Velocidad meteorológica media del viento a 10m de altura (m/s)
$C_{st}$ = 0,0035: Coeficiente que toma en cuenta el efecto chimenea (s/d)
$T_i$ = Altura de la ventana (m)
$H_v$ = Temperatura media anual interior del recinto (ºC)
$T_e$ = Temperatura meteorológica media anual exterior de la localidad (ºC)

(s/d): Sin dimensión

### Opción 2: Metodología utilizando Bernoulli

### 1. Aporte del viento

Se señala como metodología alternativa la utilización de Bernoulli según lo establecido en el ASHRAE Handbook Capitulo F15 – Airflow Around Buildings, el cual considera la ecuación básica de Bernoulli adaptada al comportamiento de edificios de gran altura o baja altura según ensayos.

Bernoulli es constante en una línea de flujo

$$Bernoulli = \frac{V^2 \rho}{2} + P + pgH = Cte$$

$V$ = Velocidad (m/s)
$\rho$ = Densidad del aire ($kg/m^3$)
$Pv$ = Presión (Pa)
$g$ = Gravedad (kg*m/s2)
$H$ = Altura (m)

De donde se obtiene que para una misma altura:

$$P_v = \frac{V^2 \rho}{2}$$

Sin embargo, la velocidad del viento cerca de una edificación depende de las condiciones en las que se encuentra y se realiza la siguiente corrección:

$$V = V_{met} * \left( \frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right)^{a_{met}} * \left( \frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right)^{a}$$

$V_{met}$ = Velocidad medida en estación meteorológica
$\delta_{met}$ = Espesor capa limite en estación (270m)
$H_{met}$ = Altura estación metereológica (10 m)
$a_{met}$ = valor estación meteorológica (0.14)

Donde los valores de $\delta$ y a para una ubicación dada se tabulan de la siguiente manera:

| | a | $\delta$[m] |
|---|---|---|
| Muchos edificios | 0,33 | 460 |
| Pocos edificios | 0,22 | 370 |
| Campo | 0,14 | 270 |
| Campo abierto | 0,1 | 210 |

Finalmente, la presión en la cara de la edificación dependerá de la dirección del viento, por lo que se obtiene:

$$P = C_p * P_V$$

Donde el factor de reducción Cp se tabula a continuación para edificaciones altas o bajas:
Donde $\theta$ es el ángulo de la cara analizada en comparación con el viento

| Tipo Edificio | $\theta$ | Cp |
|---|---|---|
| Edificio Alto | 0 | 0,80 |
| | 45 | 0,40 |
| | 90 | -0,80 |
| | 135 | -0,55 |
| | 180 | -0,35 |
| Edificio Bajo | 0 | 0,80 |
| | 45 | 0,40 |
| | 90 | -0,30 |
| | 135 | -0,50 |
| | 180 | -0,43 |

Con lo que finalmente el caudal asociado a ganancias por viento corresponde al siguiente:

$$Q_v = C_d * A * \sqrt{\frac{2*P}{\rho}}$$

$Q_v$ = Caudal (m/s)
$A$ = Área ventana ($m^2$)
$Cd$ = Factor de perdida para una ventana (0,6)

## 2. Aporte por temperatura.

Considerando variaciones de temperatura entre el interior y el exterior se producen variaciones en las presiones del aire, facilitando el ingreso de caudales.

Utilizando nuevamente Bernoulli se obtiene el caudal asociado a diferencial de temperatura.

$$Q_t = C_d * A * \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho}}$$

$\Delta P$ = diferencial de presiones debido a distintas temperaturas.

Para ambos métodos, se debe cumplir que $Q_{av} \geq Q_{ah}$ o $Q_t + Q_v \geq Q_{ah}$, si no, el caudal restante debe ser suplido por sistemas mecánicos.

## OPCION 3: Evaluación dinámica

Se debe cumplir con los requerimientos de ventilación para satisfacer los niveles de $CO_2$ requeridos por la norma internacional UNE 13779/2008 o Ashrae 62.1-2007. Los requerimientos de ventilación deberán ser respaldados por medio de un software especializado que utilice cálculos dinámicos interrelacionando las distintas variables. Se recomienda la utilización de Software diseñados para modelar en base Air-Flow-Networks.

# Apéndice 5: Calidad del aire. Ventilación mecánica

## 1. Calculo del caudal mínimo de aire fresco

Para edificaciones que consideren ventilación mecánica se señalan los siguientes mínimos dependiendo de su uso.

Para todo el edificio aeroportuario, se deberá cumplir con las tasas de ventilación establecidas en la tabla 1-3 del apéndice 1 en base a los siguientes estándares ASHRAE 90.1 2016 y 2022, ASHRAE Handbook of Fundamentals 2017, CIBSE Guide-A 2021, Manual CES v1.1

El flujo de aire requerido se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$V_{bz} = R_p X P_z + R_a X A_z$$

Donde:

$V_{bz}$ = Flujo de aire requerido (L/s)
$A_a$ = Superficie de ventilación (m²)
$P_z$ = Numero de personas (personas)
$R_p$ = Flujo de aire requerido por persona (L/s x persona)
$R_a$ = Flujo de aire requerido por superficie (L/s x m²)

El flujo de aire exterior por zona $V_{oz}$, debe considerar la efectividad de la distribución del aire del sistema, mediante la siguiente ecuación:

$$V_{oz} = V_{bz} / E_z$$

Donde:

$V_{oz}$ = Flujo de aire exterior por zona (L/s)
$V_{bz}$ = Flujo de aire requerido (L/s)
$E_z$ = Efectividad de Distribución de Aire en Zona

A continuación, se muestran las distintas efectividades de Distribución de Aire, según la configuración de Distribución.

| Configuración de Distribución de Aire | |
|---|---|
| Suministro de aire frío por techo | 1,0 |
| Suministro de aire caliente por techo y retorno por piso | 1,0 |
| Suministro de aire caliente por techo a 8°C o más por encima de le temperatura el espacio con retorno por techo. | 0,8 |
| Suministro de aire caliente por techo a 8°C o menos por encima de la temperatura del espacio con retorno por techo manteniendo 0.8 m/s de velocidad de aire primario a una altura de 1.4 m del nivel de piso. Nota: Para velocidades inferiores de suministro de aire, 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 primario a una altura de 1.4 m del nivel de piso. Nota: La mayoría de los sistemas de distribución de aire por piso cumplen con este requerimiento. | 1,0 |
| Suministro de aire frío por piso y 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. | 1,0 |

| Configuración de Distribución de Aire | |
|---|---|
| Suministro de aire caliente por piso con retorno por techo. | 0,7 |
| Toma de aire para el suministro es tomada en el costado opuesto del salón donde se encuentra la extracción y/o retorno. | 0,8 |
| La toma de aire para el suministro es tomada cerca de la ubicación de la extracción y/o retorno. | 0,5 |

NOTAS:
1. “Aire frío” es el aire que está más frío que el ambiente acondicionado.
2. “Aire caliente” es el aire que está más caliente que el espacio acondicionado.
3. “Techo” incluye cualquier punto por encima de la zona de respiración.
4. “Piso” incluye cualquier punto por debajo de la zona de respiración.
5. Como una alternativa para el empleo de los valores, acá mencionados, se puede considerar como equivalente a la efectividad de los niveles de renovación según lo establecido por el estándar 129[16] ANSI/ASHRAE para todas las configuraciones de distribución de aire, excepto para flujo unidireccional.

# Apéndice 6: Acústico. Aislamiento ruido aéreo

Tabla 6.1: Clasificación de salas para niveles de aislación de Tabla 2

| **Recinto** | Nivel de actividad | Nivel de sensibilidad |
|---|---|---|
| Área counters (check-in) | Alta | Baja |
| Área de descanso (soft-seating) | Baja | Media |
| Área de llegada de vuelos (hall de llegada) | Alta | Baja |
| Área de retiro de equipaje | Alta | Baja |
| Área de salidas de vuelos (hall de salida) | Alta | Baja |
| Áreas de control (AVSEC, PDI, SAG, Aduanas, otros) | Típica | Media |
| Circulación y pasillos | Alta | Baja |
| Concesiones comerciales (Tiendas) | Típica | Baja |
| Estar para personal de losa | Típica | Media |
| Oficinas servicios dependiente de operaciones | Baja | Sensible |
| Oficinas servicios públicos (independientes operaciones) | Típica | Sensible |
| Restaurantes y cafeterías (exc. Preparación, sala residuos) | Típica | Baja |
| Restaurantes y cafeterías (preparación, sala residuos) | Alta | Baja |
| Sala de embarque (por puente) | Alta | Baja |
| Zona de juegos infantiles | Alta | Baja |
| Sala de embarque (remoto) | Alta | Baja |
| Salas de espera embarque | Típica | Baja |
| Salas de espera generales | Típica | Baja |
| Sala de lactancia | Típica | Sensible |
| Salas de reuniones y auditorios | Típica | Muy Sensible |
| Salas técnicas | Muy Alta | Baja |
| Kitchenettes | Típica | Baja |
| Camarines / Servicios higiénicos | Típica | Baja |

Fuente: Elaboración propia en base a Building Bulletin 93, CES Manual 1.1, Acoustics Asset Standard Heathrow

Tabla 6.2: Aislación mínima al ruido aéreo DnT,A (dB)

| | Sensibilidad al ruido Sala Receptora | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nivel de actividad Sala Emisora** | Baja | Media | Sensible | Muy Sensible |
| Muy Alta | 50 | 55 | 55 | 60 |
| Alta | 40 | 45 | 50 | 55 |
| Típica | 40 | 40 | 45 | 50 |
| Baja | *Sin requerimiento* | *Sin requerimiento* | 40 | 50 |

La Tabla 6.2 contiene los valores mínimos de aislamiento acústico aéreo requeridos entre salas. Estos valores se definen por el ruido generado en la sala emisora y la tolerancia al ruido en la sala receptora. El ruido generado y la tolerancia al ruido para cada tipo de sala se indican en la Tabla 6.1.

La predicción y medición de D nT,A entre dos habitaciones debe realizarse en ambas direcciones, ya que su valor depende del volumen de la sala receptora. Por ejemplo, entre dos salas de reuniones de distintas dimensiones, los valores de RA requeridos para cumplir con el D nT,A van a ser diferentes.

Ejemplo:

1) Aislación entre dos salas de reuniones de volúmenes distintos: en este caso se necesita un DnT,A de 50 dB entre ellas. Si se considera como sala receptora la grande, se necesitaría un tabique con un RA 49 dB, sin embargo, si se considera como receptora la sala chica, se requiere de un tabique de RA 54 dB para cumplir con los mismo DnT,A 50 dB.

| Sala Emisora | Sala Receptora | Volumen Sala Receptora | Superficie Tabique | Aislación Tabique (RA) | DnT,A(dB) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sala de reuniones chica** | **Sala de reuniones grande** | 48 | 12 | 49 | 50 |
| **Sala de reuniones grande** | **Sala de reuniones chica** | 15 | 12 | 54 | 50 |

2) Aislación entre una sala de embarque y una sala de reuniones: los requerimientos de DnT,A son distintos dependiendo de cuál es la sala emisora y cuál la receptora. Si solo se considera la aislación desde la sala de reuniones a la sala de embarque, resulta que se necesita un tabique de RA 34dB. Sin embargo, desde la sala de embarque a la sala de reuniones, se requiere de un tabique de RA 58 dB. La bidireccionalidad es en cuanto a los tipos de salas.

| Sala Emisora | Sala Receptora | Volumen Sala Receptora | Superficie Tabique | Aislación Tabique (RA) | DnT,A(dB) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sala Embarque** | **Sala Reuniones** | 20 | 12 | 58 | 55 |
| **Sala Reuniones** | **Sala Embarque** | 150 | 12 | 34 | 40 |

Se deberá considerar la aislación de tabique mayor requerido entre ambas direcciones.

# Apéndice 7: Acústico. Aislación acústica

## 1. Aislamiento acústico a ruido aéreo y ruido de impacto

Se obtendrá mediante las alternativas planteadas:

### 1.1 Evaluación prescriptiva

El nivel de aislación acústica podrá obtenerse del Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del MINVU, o por los valores de las siguientes tablas, tomando el valor mínimo en el caso de soluciones constructivas con rangos. Para muros de hormigón o albañilería que incorporen sistema tipo EIFS (Aislamiento exterior y sistema de acabado), o incorporación de material aislante en su cara al interior, tomar el valor superior del rango.

Tabla 7.1: Aislación acústica de cerramientos verticales

| Composición | Rw (dB) |
|---|---|
| Dos planchas de yeso cartón, una por cada lado de espesor 12,5mm unidas con perfil metálico (ancho total 75mm) | 35 |
| Hormigón de 100mm densidad 52kg/m² con 12mm de estuco por un lado | 35 |
| Doble placa yeso cartón de 15mm, poliestireno baja densidad 50mm, espuma de poliisocianurato 55mm, placa de aluminio de 5mm | 38 |
| Dos planchas de yeso cartón, una por cada lado de espesor 12,5mm unidas con perfil metálico, cavidad interior rellena con lana mineral (ancho total 75mm) | 40 |
| 100mm Hormigón de densidad de 140kg/m² con 12mm de estuco por un lado | 40 |
| Placa de yeso cartón de 15mm, poliestireno expandido de baja densidad de 40mm, placa de yeso cartón de 15mm | 41 |
| Panel SIP de 50mm, cámara de aire de 10mm, placa de aluminio de 4mm | 45 |
| Cuatro planchas de yeso cartón, dos a cada lado de espesor 12,5mm unidas con perfil metálico (ancho total 122mm) | 45 |
| 100mm de hormigón densidad 140kg/m² con 12mm de estuco por ambos lados | 45 |
| Placa de yeso cartón de 15mm, poliestireno expandido de baja densidad de 50mm, placa HPL de 15mm | 46 |
| Doble placa yeso cartón de 15mm, Lana mineral de 60 mm, placa yeso cartón 15mm, poliestireno de baja densidad 10mm, placa HPL 15mm | 49 |
| Doble placa yeso cartón de 15mm, lana de vidrio de 50mm, cámara de aire de 100mm, placa de OSB de 10mm, poliestireno expandido (15 kg(m³) de 60 mm, placa de aluminio de 5mm | 49 |
| Doble placa de yeso cartón (740 kg/m³) de 10mm cada una, cavidad de 60mm rellena de lana de vidrio de 50mm, doble placa yeso cartón (740 kg/m³) de 10mm cada una | 49 |
| Cuatro planchas de yeso cartón, dos a cada lado de espesor 12,5mm unidas con perfil metálico y cavidad rellena con lana mineral (ancho total 122mm) | 50 |
| 115mm de ladrillo estucado 12mm en ambos lados | 50 |
| 225mm de ladrillo estucado 12mm en ambos lados | 50 |
| Hormigón de 115mm densidad 430kg/m² con 12mm de estuco por ambos lados | 50 |
| Muro hormigón armado de 120mm | 51 |
| Muro hormigón armado de 150mm | 54 |

| Composición | Rw (dB) |
|---|---|
| Doble placa de yeso cartón (740 kg/m3) de 15mm cada una, cavidad de 60mm rellena de lana de vidrio de 50mm, doble placa yeso cartón (740 kg/m$^3$) de 15mm cada una | 54 |
| Entablado de madera de 25mm, hormigón armado de 250mm, sistema EIFS con poliestireno de baja densidad de 50mm | 55 |
| Cuatro planchas de yeso cartón, dos a cada lado de espesor 12,5mm portadas con perfiles metálicos independientes y cavidad rellena con lana mineral (ancho total 178mm) | 55 |
| Hormigón de 100mm densidad 200kg/m$^2$ con 12mm de estuco por un lado y por el otro una plancha de yeso cartón de 12mm unida con perfil metálico y cavidad rellena con lana mineral | 55 |
| Placa de aluminio 25mm, lana de roca de 275mm, placa de aluminio 25mm | 56 |
| Doble placa de yeso cartón (740 kg/m$^3$) de 15mm cada una, cavidad de 90mm rellena de lana de vidrio de 80mm, doble placa yeso cartón (740 kg/m3) de 15mm cada una | 56 |
| Placa de yeso cartón de 15mm, lana mineral de 50mm, placa de fibrocemento de 20mm, placa de aluminio 4mm | 57 |
| Doble placa de yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 15mm cada una, cavidad de 60mm rellena de lana de vidrio de 50mm, doble placa yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 15mm cada una | 57 |
| Doble placa de yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 10mm cada una, cavidad de 90mm rellena de lana de vidrio de 80mm, doble placa yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 10mm cada una | 58 |
| Muro hormigón armado de 200mm | 59 |
| Placa de yeso cartón de 15mm, hormigón armado de 300mm, yeso cartón de 15mm, estuco térmico de 2,5mm | 62 |
| Doble placa de yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 10mm cada una, cavidad de 100mm rellena de lana de vidrio de 80mm, doble placa yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 10mm cada una | 62 |
| Hormigón armado de 200mm, poliestireno expandido de baja densidad de 20mm, placa yeso cartón de 15mm | 63 |
| Placad de aluminio de 25mm, poliestireno expandido de baja densidad de 50mm, placa de aluminio de 25mm, lana mineral de 50mm, placa de aluminio de 25mm | 64 |
| Hormigón armado de 200mm, poliestireno expandido de baja densidad de 30mm, placa yeso cartón de 15mm | 64 |
| Hormigón armado de 400mm, sistema EIFS con poliestireno expandido de 60mm | 69 |
| Doble placa de yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 15mm cada una, cavidad de 140mm rellena de lana de vidrio de 100mm, doble placa yeso cartón (850 kg/m$^3$) de 15mm cada una | 69 |

Fuente: Elaboración propia, Manual de diseño pasivo y EE en edificios de uso público (IC, 2012) basada en BRE Acoustics, 2003

Tabla 7.2: Aislación acústica de cristales utilizados en ventanas, cerramientos interiores y muros cortinas

| Composición | Rw (dB) |
|---|---|
| Vidrio simple 4 mm (sellado) | 25 |
| Vidrio simple 6 mm (sellado) | 28 |
| 4mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 4mm vidrio | 28 |
| Vidrio simple 10mm (sellado) | 30 |
| 6mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 6mm vidrio | 30 |
| Vidrio simple 12mm (sellado) | 33 |
| 6mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 8mm vidrio | 33 |
| Cristal 5mm, cámara de aire 8mm, cristal 4mm, cámara de aire 8mm, cristal 5mm | 33 |
| Cristal 5mm, cámara de aire 10mm, cristal 4mm, cámara de aire 10mm, cristal 5mm | 34 |
| Vidrio laminado 10mm (sellado) | 35 |
| 4mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 10mm vidrio | 35 |
| Cristal 6mm, cámara de aire 10mm, cristal 5mm, cámara de aire 10mm, cristal 6mm | 35 |
| Cristal 5mm, cámara de aire 12mm, cristal 4mm, cámara de aire 12mm, cristal 5mm | 35 |
| Cristal 6mm, cámara de aire 12mm, cristal 5mm, cámara de aire 12mm, cristal 6mm | 36 |
| Vidrio laminado 12mm (sellado) | 38 |
| 6mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 10mm vidrio | 38 |
| Cristal 5mm, cámara de aire 8mm, cristal 4mm, cámara de aire 12mm, cristal laminado 6,8mm | 39 |
| Cristal 10mm, cámara de aire 12mm, cristal 10mm | 39 |
| Vidrio laminado 19mm (sellado) | 40 |
| 10mm vidrio/ cámara de aire 12mm/ 6mm vidrio | 40 |
| 10mm vidrio/ cámara de aire 50mm/ 6mm vidrio | 40 |
| Cristal 12mm, cámara de aire 12mm, cristal 12mm | 40 |
| Cristal 10mm, cámara de aire 12mm, cristal 8mm, cámara de aire 12mm, cristal 10mm | 40 |
| 10mm vidrio/ cámara de aire 100mm/ 6mm vidrio | 43 |
| 12mm vidrio laminado/ cámara de aire 12mm/ 6mm vidrio | 45 |
| 6mm vidrio laminado/ cámara de aire 200mm/ 10mm vidrio + absorción en marcos exteriores | 45 |
| 17mm vidrio laminado/ cámara de aire 12mm/ 10mm vidrio | 45 |
| Cristal 6mm, cámara de aire 250mm, cristal 6mm | 48 |

Fuente: Elaboración propia, Manual de diseño pasivo y EE en edificios de uso público (IC, 2012) basada en BRE Acoustics, 2003

Tabla 7.3: Aislación acústica de cubiertas exteriores

| Composición | Rw (dB) |
|---|---|
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 40mm, placa de aluminio de 5mm | 30 |
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 30mm, placa de aluminio de 5mm, poliestireno expandido de 20mm, placa de aluminio de 0,5mm | 34 |
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 50mm, placa de aluminio de 5mm, poliestireno expandido de 50mm, placa de aluminio de 0,5mm | 35 |
| Estructura de cerchas metálicas con interior de lana mineral de 50mm, espuma de poliisocianurato 95m y placa de aluminio de 5mm | 39 |
| Estructura de cerchas metálicas con interior de espuma de poliuretano de 50mm, placa de aluminio de 0,4mm | 39 |
| Yeso cartón de 12,5mm, lana mineral de 120mm, placa de aluminio de 5mm | 42 |
| Placa de acero 25mm, lana de roca 275mm, placa de acero 25mm | 56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.4: Aislación acústica de en pisos ventilados

| Composición | Rw (dB) |
|---|---|
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 40mm, placa de aluminio de 5mm | 30 |
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 30mm, placa de aluminio de 5mm, poliestireno expandido de 20mm, placa de aluminio de 0,5mm | 34 |
| Madera contrachapada 15mm, poliestireno expandido de 50mm, placa de aluminio de 5mm, poliestireno expandido de 50mm, placa de aluminio de 0,5mm | 35 |
| Estructura de cerchas metálicas con interior de lana mineral de 50mm, espuma de poliisocianurato 95m y placa de aluminio de 5mm | 39 |
| Estructura de cerchas metálicas con interior de espuma de poliuretano de 50mm, placa de aluminio de 0,4mm | 39 |
| Yeso cartón de 12,5mm, lana mineral de 120mm, placa de aluminio de 5mm | 42 |
| Placa de acero 25mm, lana de roca 275mm, placa de acero 25mm | 56 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 100mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 74 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 80mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 74 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 50mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 73 |
| Hormigón armado 200mm, espuma de poliuretano 20mm | 59 |
| Hormigón armado 200mm, espuma de poliuretano 15mm | 59 |
| Hormigón armado 160mm, poliestireno expandido 50mm, fibrocemento 20mm | 65 |
| Hormigón armado 100mm, EIFS 20mm | 49 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.5: Aislación acústica de losas interiores

| Composición | Rw (dB) | Ln, w (dB) |
|---|---|---|
| Piso ligero de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², sin techo o cubierta de piso | 35 | 90 |
| Piso ligero de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², cubierto con superficie blanda espesor >5 mm | 35 | 75 |
| Piso de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², con cielo falso con sistema de baldosas | 45 | 50 |
| Piso de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², con suelo flotante sobre bandas elásticas | 50 | 50 |
| Piso ligero de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², con suelo flotante sobre superficie elástica | 50 | 55 |
| Piso de concreto sólido, espesor entre 150 y 200 mm, densidad 365kg/m², cubierto con superficie blanda espesor >5 mm | 50 | 50 |
| Piso de concreto sólido, espesor entre 150 y 200 mm, densidad 365kg/m², con suelo flotante sobre bandas elásticas | 55 | 55 |
| Piso de concreto sólido, espesor entre 150 y 200 mm, densidad 365kg/m², con suelo flotante sobre superficie elástica | 55 | 50 |
| Piso de concreto sólido, espesor entre 150 y 200 mm, densidad 365kg/m², con cielo falso con dos paneles de yeso cartón de espesor 15mm, perfil metálico, cámara de aire de 240mm con lana mineral de entre 80 y 100mm de espeso y densidad >10kg/m³ | 55 | 50 |
| Piso ligero de hormigón, espesor entre 100 y 150 mm, densidad 100kg/m², cubierto con superficie blanda espesor >5 mm y cielo falso con dos paneles de yeso cartón de espesor 15mm, perfil metálico, cámara de aire de 240mm con lana mineral de entre 80 y 100mm de espeso y densidad >10kg/m³ | 60 | 50 |
| Piso de concreto sólido, espesor entre 150 y 200 mm, densidad 365kg/m², cubierto con superficie blanda espesor >5 mm y cielo falso con dos paneles de yeso cartón de espesor 15mm, perfil metálico, cámara de aire de 240mm con lana mineral de entre 80 y 100mm de espeso y densidad >10kg/m³ | 60 | 55 |
| Hormigón armado 250mm, lámina polietileno | 62 | 53 |
| Hormigón armado 250mm, lámina corcho | 62 | 57 |
| Hormigón armado 150mm, lámina polietileno | 54 | 57 |
| Hormigón armado 120mm, lámina polietileno | 51 | 59 |
| Hormigón armado 150mm, lámina polietileno | 54 | 60 |
| Hormigón armado 150mm, Cámara de aire 250mm, yeso cartón 15mm | 54 | 61 |
| Hormigón armado 150mm | 54 | 61 |
| Hormigón armado 120mm | 51 | 63 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 100mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 74 | 53 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 80mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 74 | 53 |
| Hormigón armado 250mm, lana mineral 50mm, cámara de aire 40mm, yeso cartón 15mm | 73 | 53 |
| Hormigón armado 200mm, espuma de poliuretano 20mm | 59 | 76 |

| Composición | Rw (dB) | Ln, w (dB) |
|---|---|---|
| Hormigón armado 200mm, espuma de poliuretano 15mm | 59 | 76 |
| Hormigón armado 160mm, poliestireno expandido 50mm, fibrocemento 20mm | 65 | 86 |
| Hormigón armado 100mm, EIFS 20mm | 49 | 86 |

Fuente: Elaboración propia, Manual de diseño pasivo y EE en edificios de uso público (IC, 2012) basada en BRE Acoustics, 2003

Para determinar la aislación acústica de elementos mixtos compuestos por elementos opacos y acristalados, se utilizará la siguiente fórmula:

El aislamiento acústico global en un recinto se debe calcular según:

$$R_G = 10\log \frac{\Sigma S_i}{\Sigma \frac{S_i}{10^{0,1xRi}}}$$

Dónde:
$S_i$ = Área del elemento constructivo *i* ($m^2$)
$R_i$ = Aislamiento acústico específico del elemento constructivo de área *Si* (dB)

Ejemplo:
Un cerramiento ciego con una ventana:

$$R_G = 10\log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{0,1xRc}} + \frac{S_v}{10^{0,1xRv}}}$$

Dónde:
$S_c$ = Área del elemento ciego ($m^2$)
$S_v$ = Área de la ventana ($m^2$)
$R_c$ = Aislamiento acústico específico del elemento ciego (dB)
$R_v$ = Aislamiento acústico específico de la ventana (dB)

Para los elementos divisorios homogéneos cuya densidad superficial es conocida se puede aplicar la siguiente fórmula, la cual permite predecir el aislamiento acústico de un elemento homogéneo por banda de frecuencia:

$$TL = 20\log (f m) - 47$$

Donde:

$f$ = Frecuencia del sonido, HZ
$m$ = Masa de la superficie de la barrera, $kg/m^2$

## 1.2 Evaluación prestacional

Mediante modelación, informe de ensayo o informe de inspección de los materiales de construcción que acredite cumplimiento del elemento constructivo Los programas recomendados son: INSUL y Soundflow.

## 2. Determinación del ruido exterior

Para proyectos de Red Secundaria y Pequeños Aeródromos se podrá optar a los siguientes métodos para la obtención del valor Leq que impacta la envolvente del edificio terminal.

### 2.1 Por capacidad de vías vehiculares

Se identificarán las vías vehiculares existentes y/o proyectadas según el instrumento de planificación territorial respectivo, y se les asignará la categoría según el tipo y número de pistas, de acuerdo con la siguiente tabla de categoría de vías versus categoría de ruido exterior.

| Categoría | Tipo de vía | Pistas N° | TDMA Veh/día | Flujo Punta Veh/hora | Velocidad nominal Km/h |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Expresa | ≥ 8 | ≥ 60.000 | ≥ 6.000 | 100 |
| 2 | Expresa | 6 | ≥ 40.000 | ≥ 4.000 | 100 |
| 3 | Troncal | ≥ 6 | ≥ 30.000 | ≥ 3.000 | 80 |
| 4 | Troncal | 4 | ≥ 20.000 | ≥ 2.000 | 80 |
| 5 | Colectora | ≥ 6 | ≥ 30.000 | ≥ 3.000 | 60 |
| 6 | Colectora | 4 | ≥ 20.000 | ≥ 2.000 | 60 |
| 7 | Servicio | ≥ 3 | ≥ 10.000 | ≥ 1.000 | 60 |
| 8 | Servicio | 2 | ≥ 6.000 | ≥ 600 | 60 |
| 9 | Autopista | ≥ 6 | ≥ 80.000 | ≥ 8.000 | 120 |
| 10 | Autopista | 4 | ≥ 60.000 | ≥ 6.000 | 120 |
| 11 | Caminos nacionales | 4 | ≥ 20.000 | ≥ 2.000 | 100 |
| 12 | Caminos regionales principales | 2 | ≥ 10.000 | ≥ 1.000 | 100 |
| 13 | Caminos regionales provinciales | 2 | ≥ 6.000 | ≥ 600 | 80 |
| 14 | Ferroviaria | 1 | N/A | N/A | 100 |

Fuente: MINVU

Si el flujo medio diario o el flujo punta, según la información disponible no alcanza los valores de dicha categoría, se aplicará la categoría inmediatamente inferior.

Si la velocidad permitida en la vía vehicular es superior a la velocidad nominal, se aplicará la categoría inmediatamente superior.

Las vías cuyo flujo proyectado alcanza un TDMA inferior a 6.000 veh/día y un flujo punta inferior a 600 veh/h no se considerarán como fuentes de ruido exterior significativas.

Luego, para estimar el Nivel de ruido horario máximo incidente sobre la fachada se debe conocer la distancia al eje de la vía más cercana que enfrenta, de acuerdo con la siguiente tabla de categoría de vías versus categoría de ruido exterior.

| Categoría de Vía | Categoría de ruido exterior (Según distancia a fachada en m.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E |
| 1 | >280 | 120 a 280 | 70 a 120 | 35 a 70 | 20 a 35 |
| 2 | >160 | 90 a 180 | 50 a 90 | 30 a 50 | 20 a 30 |
| 3 | >110 | 60 a 110 | 35 a 60 | 25 a 35 | 15 a 25 |
| 4 | >90 | 45 a 90 | 35 a 45 | 25 a 35 | 15 a 25 |
| 5 | >80 | 50 a 80 | 35 a 50 | 25 a 35 | 15 a 25 |
| 6 | >70 | 45 a 70 | 30 a 45 | 20 a 30 | 15 a 20 |
| 7 | >70 | 45 a 70 | 30 a 45 | 20 a 30 | 15 a 20 |
| 8 | >60 | 40 a 60 | 25 a 40 | 18 a 25 | 12 a 18 |
| 9 | >480 | 200 a 480 | 100 a 200 | 50 a 100 | 30 a 50 |
| 10 | >420 | 170 a 420 | 80 a 170 | 45 a 80 | 25 a 45 |
| 11 | >120 | 70 a 120 | 40 a 70 | 25 a 40 | 20 a 25 |
| 12 | >90 | 60 a 90 | 40 a 60 | 30 a 40 | 20 a 30 |
| 13 | >80 | 60 a 80 | 40 a 60 | 30 a 40 | 20 a 30 |
| 14 | >120 | 50 a 120 | 30 a 50 | 20 a 30 | 15 a 20 |

Fuente: MINVU

Finalmente, el NED estimado para cada categoría de ruido exterior, se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 6.6: Categoría de ruido exterior

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_{eq}$(h) máximo a 2 m. de la línea de edificación | <60 dB(A) | 61 a 65 dB(A) | 66 a 70 dB(A) | 71 a 75 dB(A) | 76 a 80 dB(A) |

## 2.3 Por medición y proyección

El aislamiento acústico mínimo para edificios de alta complejidad se deberá obtener con mediciones del NED, estas se deben efectuar por el exterior, de acuerdo al procedimiento descrito en NCh 2502:2011, considerando lo siguiente:

- Determinar el valor del NED tomando tres muestras diarias del $L_{Aeq.T;}$ efectuar las mediciones entre 07:00 h y 21:00 h, distribuyéndolas en horario matinal, de medio día y vespertino, y de modo que los periodos de medición estén separados entre sí por un mínimo de 4 h y no se extiendan por más de 30 min.
- La $L_{Aeq.T}$ se debe medir en forma continua, hasta que se estabilice la lectura, registrando el valor de $L_{Aeq.T}$ cada 5 min.
- La medición se debe efectuar en tres días hábiles representativos de la actividad típica del lugar y el valor del NED debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$NED = 10\log\left[\frac{\sum^{n} 10^{0.1LAeq.\,T}}{9}\right] \quad \text{(NCh 352/1:Of.2000)}$$

Dónde:
$L_{Aeq.T}$ = valor obtenido para cada una de las mediciones efectuadas.

Si el NED resultante es inferior al límite diurno máximo permisible, según la legislación vigente para la emisión de ruido generado por fuentes fijas en la zona, se debe utilizar este último como valor del NED.

## Comprobación

La comprobación se debe realizar cuando el edificio haya concluido la etapa de terminaciones.

Para los edificios de baja y media complejidad se debe realizar una inspección técnica para corroborar visualmente el cumplimiento de los requerimientos especificados del proyecto. Para aquellos de alta complejidad, además de visitas a terreno se deben realizar ensayos para comprobar que cumple con los mínimos señalados, según la metodología propuesta en las normas que se indican a continuación.

- Para comprobar el aislamiento acústico a ruido aéreo de los edificios de entre 10 y 200 $m^3$ utilizar la NCh2803:2003 y para los edificios mayores a 200 $m^3$ utilizar NCh 2785:Of.2003.
- Para comprobar la aislación acústica a ruido de impacto de los edificios de entre 10 y 200 $m^3$ ocupar la NCh 2803: 2003, mientras que para aquellos con un volumen mayor utilizar la ISO 140-7:1998.
- Para comprobar el aislamiento acústico de fachadas y elementos de fachadas, utilizar la NCh 2803:2003, y para aquellos con mayor volumen utilizar la ISO 140-5: 1998.

## 3. Método de cálculo de ruido aéreo entre recintos interiores

La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, Dnt,A, utilizada entre recintos interiores se calcula mediante la expresión:

$$D_{nT,A} = R'_A + 10\lg\left(\frac{0.32*V}{S_s}\right) \qquad (dB)$$

Dónde:
*V* = volumen del recinto receptor, ($m^3$)
*Ss* = área compartida del elemento de separación, ($m^2$)
$R'_A$ = índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, (dB)

## 4. Método de cálculo de ruido aéreo de fachada

La diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, de la fachada, viene dada por la expresión:

$$D_{2m,nT,A} = R'_A + 10\lg\left(\frac{V}{6T_0S}\right) \qquad (dB)$$

*R'A* = Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, (dB)
*V* = Volumen del recinto receptor, ($m^3$)
*S* = Área total de la fachada, vista desde el interior del recinto, ($m^2$)
*T0* = Tiempo de reverberación de referencia; su valor es T0=0,5s
$D_{(2m,nT,A)}$ = Diferencia de niveles estandarizada medida a 2 metros de la fachada
R'A =Rw+c

## 5. Condiciones de ejecución y evaluación visual en terreno para el correcto diseño acústico

- Revisar la hermeticidad de los elementos constructivos en sus uniones y juntas: Verificar colocaciones de sellos, juntas de dilatación, correcta instalación de puertas y ventanas.
- Revisar sello de ductos y atraviesos en elementos constructivos. Considerar que las canalizaciones disminuyen el aislamiento acústico en los elementos constructivos.
- Revisar instalación de cajas eléctricas, las cuales no pueden quedar enfrentadas en un mismo elemento constructivo. Se recomienda una separación mínima entre ellas de 30 cm.
- Considerar que celosías y rejillas de ventilación disminuyen el aislamiento acústico de los elementos constructivos.
- Revisar que los elementos constructivos verticales, hayan sido instalados de piso a losa, para evitar transmisión de ruido a través de cielo falso.

# Apéndice 8: Acústico. Acondicionamiento acústico

## Tiempo de Reverberación (TR)

Se debe determinar la absorción de sonido para cada material en el interior del espacio a 500, 1.000, y 2.000 Hz frecuencias, según como se indica en a continuación.
Absorción de sonido; $A = (a1\ S1 + a2\ S2 + a3\ S3 \ldots anSn)$

Dónde:
$a_i$ = Es el coeficiente de absorción del sonido a 500, 1.000, o 2.000 Hz para un material.
$S_i$ = Es la superficie total del material en metros cuadrados

La absorción acústica total de la habitación es la suma de los coeficientes de absorción de las áreas de superficie en cada frecuencia (500, 1.000 y 2.000 Hz). La ecuación 1 debe calcularse por separado para cada frecuencia. El cálculo debe incluir todos los materiales de acabado en la habitación. Los coeficientes de absorción de sonido para cualquier superficie, se deben obtener del fabricante en caso de que éste no cuente con él, revisar su disponibilidad de la siguiente tabla y en caso de no encontrarse tabulado se deberá utilizar valores recomendados en la literatura.

Tabla 8.1: Coeficientes de absorción de sonido para los materiales más comunes

| Material | Coeficientes de absorción | | |
|---|---|---|---|
| | 500 Hz | 1000 HZ | 2000 Hz |
| **Paredes** | | | |
| Ladrillo, sin esmalte | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| Ladrillo sin esmaltar, pintado | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Yeso, yeso o cal para acabados, lisos en el azulejo o ladrillo | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| Yeso, yeso, cal o acabado, áspera o lisa en listón | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| Bloque de hormigón, luz, poroso | 0.31 | 0.29 | 0.39 |
| Bloque de hormigón, denso, pintado | 0.06 | 0.07 | 0.09 |
| Paneles de yeso, 12,7 mm clavado en 2x4, 406 mm | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Tableros de madera contrachapada 10 mm de espesor | 0.17 | 0.09 | 0.10 |
| Grandes paños de vidrio chapa gruesa | 0.04 | 0.03 | 0.02 |
| Vidrio ordinario | 0.18 | 0.12 | 0.17 |
| **Pisos** | | | |
| Hormigón | 0.015 | 0.02 | 0.02 |
| Linóleo, asfalto, caucho, corcho o baldosas sobre hormigón | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Parquet de madera en el asfalto sobre concreto | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Alfombra, pesado, en concreto | 0.14 | 0.37 | 0.60 |
| Alfombra de pelo 1,13 kg o de fieltro o de espuma de goma | 0.57 | 0.69 | 0.71 |
| Alfombra de látex impermeable de pelo de 1,13 kg o de fieltro o espuma de goma | 0.39 | 0.34 | 0.48 |
| Mármol o mosaico de vidrio | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| **Telas** | | | |
| Terciopelo liviano, 337 gr por m2, colgado directamente en contacto con la pared | 0.11 | 0.17 | 0.24 |
| Terciopelo medio, 478 gr por m2, cubierta a la mitad del área | 0.49 | 0.75 | 0.70 |

| Material | Coeficientes de absorción | | |
|---|---|---|---|
| | 500 Hz | 1000 HZ | 2000 Hz |
| Terciopelo pesado 614 gr por m2, cubierta a la mitad del área | 0.55 | 0.72 | 0.70 |
| **Otros** | | | |
| Sillas, asientos de metal o de madera desocupadas | 0.22 | 0.39 | 0.38 |

Fuente: Leed Mínimum Acoustical Performance, Schools

## 1. Evaluación prescriptiva

Con el valor de absorción del sonido dependiendo, se calcula el tiempo de reverberación.

$$TR = 0,16 * \left(\frac{V}{A}\right)$$

Dónde:
*V* = Es el volumen de la habitación en metros cúbicos, y
A = Es la absorción del sonido total en la sala a 500, 1.000, y 2.000 Hz en m2 Sabine[13]

## 2. Evaluación prestacional

Se deberá utilizar software especializado que utilizan cálculos dinámicos. Se recomienda la utilización de Software tales como EASE, Zorba entre otros.

## 3. Inteligibilidad de la palabra

La inteligibilidad de la palabra en terminales de Red Primaria deberá ser modelada en Software especializados como EASE, CATT-Acoustic, Odeon, etc. Las modelaciones deberán incluir distribución de altavoces de acuerdo con las fichas técnicas de éstos y características de terminaciones y acústica interior del recinto, coordinado con arquitectura.



13 El metro cuadrado Sabine es un 'apellido' para identificar que se trata de la superficie del material absorbente acústico únicamente, la unidad es igual que el metro cuadrado [$m^2$].

# Apéndice 9: Demanda y Consumo de energía

## 1. Generalidades

La evaluación de la disminución de la demanda energética de un edificio dependerá de la posibilidad de comparar dicha demanda con una demanda de referencia. Éste último se establece como un valor límite, ya que representa la situación normal o esperable de un edificio tipo. Llamaremos a esta referencia **Comportamiento Energético de Referencia o CEr.**

Según la norma europea EN 15217[14], el CEr (o EPr en inglés) corresponde al comportamiento energético alcanzado por el 50% de la edificación existente[15]. Alternativamente, cuando la comparación con otros edificios existentes no es posible, se puede utilizar un edificio de referencia, generado en base a las condiciones de ubicación, uso y forma del mismo edificio en evaluación, utilizando un conjunto de condiciones de referencia para transmitancia térmica, factor solar modificado, sistemas de control y eficiencia de los equipos. A este procedimiento se le llama **aproximación mediante Edificio de Referencia o Nocional,** y será el método utilizado para la evaluación de tipo prestacional de este método de certificación.

La aproximación utilizada permite prescindir de una base de datos del comportamiento energético de edificios existentes y un análisis estadístico de la misma, o modelamientos para estimar dicho comportamiento. A su vez, es posible neutralizar el impacto de parámetros de uso de los edificios, enfocándose en el efecto concreto de medidas de eficiencia energética determinadas por la arquitectura del edificio y los sistemas activos del mismo. Posibles desventajas de esta aproximación es que no se *"premian"* adecuadamente aspectos como un diseño compacto y la orientación del edificio, y que no reflejaría las mejoras en el *stock* de edificios existentes en la medida que se incorporan a él edificios de mayor eficiencia.

### 1.1 Objetivo y el alcance de la evaluación prestacional

La metodología de evaluación prestacional de la Demanda de Energía y del Consumo de Energía, y los procedimientos que la componen, tienen como objetivo poder cuantificar la reducción o aumento, bajo ciertas condiciones de uso, de tres aspectos:

- La demanda energética para calefacción, enfriamiento e iluminación, debido a las características arquitectónicas y constructivas del edificio.
- El consumo final de energía del edificio, debido a las características de los equipos.

Puede ser utilizada para evaluar el comportamiento de un edificio en etapa de diseño, así como el de un edificio existente. Al edificio evaluado llamaremos edificio proyectado o "edificio objeto", el que se comparará a un "edificio de referencia".

Este tipo de evaluación se realiza mediante programas informáticos especializados revisar apéndice 14.

Adicionalmente, cabe señalar los siguientes alcances de este tipo de evaluación:

- La evaluación prestacional NO ofrece una alternativa al cumplimiento de los requisitos obligatorios del método de certificación.
- La evaluación prestacional NO es en ningún caso predictiva del comportamiento del edificio durante su etapa de operación.



14 Energy Performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of building
15 Se encuentra en desarrollo la norma ISO/DIS 16343 que se basará en la norma EN 15217. En el desarrollo de la ISO/DIS 16343 participa el INN a través de un "Comité Espejo Nacional".

### 1.2 Evaluación de edificios nuevos, existentes, y de interés patrimonial cultural

Los requerimientos y procedimientos aplicarán tanto a edificios nuevos como existentes. Para edificaciones declaradas por la autoridad pertinente como de interés patrimonial cultural, tales como Monumentos Nacionales, inmuebles de conservación histórica y edificios pertenecientes a zonas típicas[16], los requerimientos podrán ajustarse al "potencial de mejora" de cada edificio. El cliente deberá justificar lo anterior en función de requerimientos o restricciones de carácter constructivo o normativo que dificulten, por ejemplo, la incorporación de algún tipo de material o cambio de diseño. De no existir dicha justificación, los requerimientos serán los mismos que para toda edificación.

## 2. Requerimientos generales

### 2.1 Programas informáticas y sus características mínimas

Para la evaluación prestacional dinámica se deberá utilizar un programa de simulación especializado, el cual deberá ser de base computacional y que permita analizar la demanda y consumo de energía del edificio. Deberá permitir modelar, como mínimo, lo siguiente:

- Todas las horas del año (8760 horas)
- Variaciones horarias en ocupación, iluminación, equipos misceláneos, seteo de termostatos, operación del sistema de climatización y agua caliente sanitaria, definidos separadamente para cada día de la semana.
- Efecto de la inercia térmica
- Al menos diez zonas térmicas
- Curvas de comportamiento a carga parcial para equipos mecánicos
- Curvas de corrección de la eficiencia y capacidad para equipos mecánicos de climatización

En la actualidad, existen programas informáticos que cumplen con estas condiciones, tales como TAS, DesignBuilder, EnergyPlus, BLAST, DOE-2, Trnsys, IES, eQUEST, entre otros. Para una lista extensiva de programas, ver http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/

### 2.2 Archivo climático

La simulación se realizará utilizando archivos climáticos con valores horarios del clima, para la localidad en que se emplaza el edificio.

En la página web de CES se encuentran disponibles archivos climáticos para algunas ciudades de Chile. En caso de localidades que no poseen un archivo climático, o que posean más de uno, el profesional a cargo de la simulación deberá seleccionar y justificar el uso de un archivo climático que mejor represente la localidad de emplazamiento del edificio.

### 2.3 Procedimiento de evaluación

El equipo de proyecto entregará toda la información necesaria para que la Entidad Evaluadora realice la verificación de los modelamientos y simulaciones.

El proceso de modelamiento y simulación deberá ser documentado incluyendo la información de entrada *(inputs)* y de salida *(outputs)* de la simulación, así como fichas técnicas de los materiales de la envolvente, equipos y sistemas de climatización, como se detalla a continuación:

- Valores calculados de demanda de energía en climatización e iluminación del edificio objeto y el edificio de referencia.
- Valores calculados de consumo de energía del edificio objeto y el edificio de referencia.
- Lista de las características del diseño arquitectónico y de las instalaciones que expliquen el comportamiento energético del edificio objeto, y que difieren de las características del edificio de referencia.

16 Definición según Articulo 2.1.38 de la OGUC

- Reporte de *inputs y outputs* del programa de simulación, incluyendo un desglose de la demanda de energía para climatización, refrigeración e iluminación; cargas internas por ocupación, iluminación y equipos; pérdidas y ganancias por la envolvente y ventilación.
- Horas de confort anuales
- Tasas de ventilación e infiltración
- Características y rendimientos de los equipos de climatización y ACS
- Detalles del archivo de clima utilizado

En caso de que la evaluación por programa de simulación no esté visada por un profesional inscrito en el registro de Asesores CES, se deberá entregar el modelo completo para que la Entidad Evaluadora realice la verificación.

Independientemente si el profesional responsable se encuentra inscrito en el registro de Asesores CES, la Entidad Evaluadora podrá solicitar el modelo completo si surgen dudas en la revisión de los reportes de *inputs y outputs* del programa de simulación.

## 2.4 Métodos para casos particulares

En el caso que existan aspectos de diseño o sistemas que no pueden ser adecuadamente modelados por un programa de simulación, la entidad evaluadora podrá autorizar el uso de un método alternativo, justificándose con información teórica y/o empírica que lo respalde.

## 2.5 Evaluación de la Demanda y del Consumo de energía

Para efectos de este método, se ha separado la evaluación de la Demanda de Energía de la evaluación de Consumo de Energía, con el objetivo de incentivar las *"estrategias pasivas"* del diseño arquitectónico por sobre las *"estrategias activas"* de las instalaciones. De lo anterior no se debe entender en ningún caso que las estrategias activas no son necesarias; al contrario, son fundamentales para el correcto funcionamiento del edificio y la adecuada entrega de sus prestaciones, por ejemplo de calidad del ambiente interior.

Los requerimientos de **Demanda de Energía** tienen como objetivo verificar una disminución de la demanda de energía para calefacción y enfriamiento de los recintos interiores del edificio analizado.

Por otra parte, los requerimientos de **Consumo de Energía** consideran la evaluación de los consumos de energía en iluminación artificial interior y exterior, calefacción, enfriamiento, ventilación, agua caliente sanitaria, y otros consumos (computadores y otros artefactos, sistemas de transporte, bombas, y en general todos los consumos finales del edificio). Asimismo, considera la reducción del consumo de energía mediante el aporte de energía renovables no convencionales.

En general, la estructura de variables asociadas a Consumo de Energía está pensada para abordar los principales consumos finales en forma prestacional. Bajo esta opción se deberá verificar una disminución en el indicador de consumo de energía del edificio analizado, incluyendo todos los consumos de todos los usos finales del edificio. Para esta opción, el cálculo considerará las mismas características arquitectónicas (transmitancia térmica, factor solar modificado, orientación y tamaño de ventanas) tanto para el edificio objeto como el de referencia.
En resumen, la evaluación de la reducción de **Demanda de Energía** y de **Consumo de Energía** requiere una combinación de las características arquitectónicas y de las instalaciones, tanto del edificio objeto o propuesto, como de un edificio de referencia, generando así distintos modelos de dónde obtener los indicadores, tal como se indica en la siguiente tabla.

| | **Características de las instalaciones** | |
|---|---|---|
| **Características arquitectónicas** | Sistemas activos propuestos | Sistemas activos de referencia |
| Edificio objeto o propuesto | Modelo 1 | Modelo 3 |
| Edificio de referencia | Modelo 2 | Modelo 4 |

De cada modelo pueden obtenerse indicadores de demanda de energía y consumo de energía (cuando se utiliza un programa informático especializado). Luego, para cumplir con los requerimientos se deberán realizar las siguientes comparaciones:

- La reducción en la Demanda de Energía se realizará comparando los **indicadores de demanda** de los modelos 1 y 2.
- La reducción en el Consumo de Energía se realizará comparando los **indicadores de consumo** de los modelos 1 y 3.

### 3. Requerimientos del modelo para el edificio objeto y el edificio de referencia, para evaluación prestacional de Demanda de Energía.

La estimación de la Demanda de Energía se realizará en base a la simulación del comportamiento del edificio, utilizando un programa informático especializado.

Los siguientes requerimientos aplicarán como evaluación prestacional dinámica con programa especializado, salvo donde se indique lo contrario.

## 3.1 Clasificación de espacios

| | |
|---|---|
| **Edif. Objeto** | La clasificación de los espacios será según lo definido en el Apéndice 1 |
| **Edif. Referencia** | |

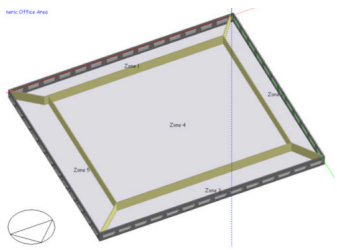
## 3.2 Zonas o "Bloques" térmicos

**Edif. Objeto**

Sin proyecto de climatización: Los "bloques térmicos" serán definidos agrupando recintos que tengan mismo uso, tasas de ocupación, niveles de iluminación, termostato y cargas internas. En caso de no tener información suficiente para definir estos aspectos, se utilizarán los definidos en el Apéndice 1.

Junto con lo anterior, se diferenciarán los "bloques térmicos" por orientación y zonas perimetrales e interiores:

- Se deben considerar "bloques térmicos" diferentes por cada orientación de un recinto adyacente a una fachada con acristalamiento. Se considerará como un cambio de orientación cuando el ángulo interior entre fachada sea mayor a 45°
- Se debe tomar como límite perimetral una distancia de 5 metros en perpendicular desde la fachada del edificio, si es una planta libre se deberá modelar con muros o particiones virtuales.



**Edif. Referencia**

Con proyecto de climatización: Se utilizarán los "bloques térmicos" definidos en el proyecto de climatización, pudiéndose agrupar los bloques que:

- Operan bajo un mismo sistema de climatización o un mismo tipo de sistema de climatización.
- Los recintos servidos por el sistema tiene la misma clasificación de uso.
- Teniendo fachadas acristaladas, éstas poseen la misma orientación. Se considerará como un cambio de orientación cuando el ángulo interior entre fachada sea mayor a 45°

Tanto para edificios con o sin proyecto de climatización, se modelará un sistema de climatización de modo de obtener el indicador de demanda de energía. Se recomienda que se utiliza por defecto el sistema de climatización definido como "referencia" en la sección 4.1 del presente apéndice.

Para todo edificio de más de una planta, se diferenciará los modelamientos en al menos la planta en contacto con el terreno, planta con cubierta, y otras plantas tipo a las cuales podrá aplicarse un multiplicador.

## 3.3 Horarios, cargas internas, termostatos, tasas de ocupación y tasas de ventilación e infiltración

| | |
|---|---|
| **Edif. Objeto** | Horario, cargas internas y tasa de ocupación: El edificio objeto a simular deberá reflejar las características del uso del edificio proyectado. En caso de no tener información suficiente para definir estos aspectos, se utilizarán los definidos en el Apéndice 1.<br><br>Las cargas internas incluirán la influencia del proyecto de iluminación artificial en base a su potencia instalada. Estas cargas podrán reducirse por el efecto de los sistemas de control: programable con control horario, de presencia y balance automático luz día.<br><br>Termostatos: En el caso de edificios con proyecto de climatización, los valores a utilizar deberán ser consistentes con los definidos en el proyecto de climatización y los declarados en el cumplimiento del requisito obligatorio. Los valores deberán ser obtenidos de documentos de referencia tales como RITCH, CEN Standard EN 15251, ASHRAE standard 55 (2010), o justificados por el especialista responsable. En última instancia, se podrá utilizar por defecto el rango de temperatura operativa de 20 a 25 °C<br><br>En el caso de edificios sin proyecto de climatización, el rango de confort será fijado según Ashrae 55 opción de confort adaptativo, o según Szokolay.<br><br>Tasas de ventilación natural: Se considerarán los caudales mínimos calculados según metodología del Apéndice 4: Calidad del aire. Ventilación natural, o alternativamente los caudales mínimos señalados en el Apéndice 5: Calidad del aire. Ventilación mecánica.<br><br>Tasas de ventilación mecánica o ventilación mixta: Serán los definidos por el proyecto de ventilación, el cual deberá cumplir con los mínimos establecidos en los requerimientos de calidad del aire.<br><br>Tasas de infiltración: equivalente a 10 RAH a n50 de presión, o 0.5 RAH en condición normal. El equipo de proyecto podrá utilizar una tasa de infiltración diferente, utilizando para ello programa especializado que permita establecer la infiltración del edificio considerando ubicación, orientación, material de la envolvente y tipo de carpinterías, o bien mediante ensayo tipo *blower door* en edificios ya construidos. En caso de utilizar una tasa de infiltración diferente a las tasas por defecto, los valores deberán ser consistentes con los declarados para el cumplimiento del requerimiento hermeticidad de la envolvente. |
| **Edif. referencia** | Serán iguales a los del edificio objeto. La tasa de infiltración será equivalente a10 RAH a n50 o 0.5 RAH en condición normal.<br><br>Las tasas de ventilación natural o mecánica deberán ser las mismas modelas del edificio objeto. |

## 3.4 Diseño del edificio

| | |
|---|---|
| **Edif. Objeto** | El edificio objeto a simular deberá reflejar las características del edificio proyectado definidas en los documentos del proyecto, en cuanto su tamaño, forma y orientación.<br><br>Deberán incluirse los elementos de control solar, salvo aquellos operados manualmente. |
| **Edif. Referencia** | **Los resultados del edificio de referencia se obtendrán ponderando los resultados de cuatro simulaciones, la primera en la orientación del proyecto y las otras tres rotando el edificio 90°, 180° y 270° cada vez.**<br><br>No se incluirán elementos de control solar y las hojas de ventanas se considerarán en el mismo plomo de la cara exterior del muro. El factor de sombra (FS) del vano o ventana será de 0.87. |

## 3.5 Envolvente térmica

| | |
|---|---|
| **Edif. Objeto** | El edificio objeto a simular deberá reflejar las dimensiones y características de la envolvente térmica del edificio proyectado definidas en los documentos del proyecto, en cuanto:<br><br>Elementos opacos: Transmitancia térmica y posición (interior, exterior, o ambas) del material con propiedades de aislación térmica, si lo hubiese.<br><br>En el caso de la transmitancia de pisos en contacto con el terreno, para efectos de modelamiento se utilizará la metodología de la norma ISO 6946:2007 "Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo". Alternativamente podrá usarse la ecuación (5) descrita en la NCh853 para elementos horizontales con flujo descendente, sin considerar la resistencia térmica de la superficie exterior.<br><br>Elementos traslúcidos: Transmitancia térmica, factor de sombra de la parte semitransparente () y coeficiente de transmitancia luz visible (TLV)<br><br>Porcentaje de acristalamiento o Factor vano a muro (FVM)<br><br>Distribución de elementos traslúcidos, incluido lucernarios.<br><br>Albedo de cubierta: Reflectividad de 0.30 o 0.45. Este último valor se podrá utilizar cuando la reflectancia del material de cubierta es mayor a 0.70 y su emitancia mayor a 0.75, o bien cuando su SRI es 82 como mínimo. Los valores deberán haberse obtenido en base a tests según los estándares ASTM respectivos. |

La envolvente térmica del edificio de referencia deberá tener las mismas dimensiones que las del edificio objeto.

Transmitancia térmica (U): Será la definida en función de la transmitancia térmica (U) mínima exigida en el requerimiento obligatorio 5R opción 2, tabla 4.1, en función de la zona climática del proyecto.

En el caso de pisos en contacto con el terreno, y para efectos de los modelamientos, se utilizará un U de 3,85 W/m$^2$K, equivalente a radier de H.A.-10cm., calculando según norma ISO 6946:2007.

Factor de sombra y TLV: Se considerarán características tipo en función de la transmitancia térmica (U) mínima requerida el requisito obligatorio 5R, en base a vidrio claro:

**Edif. Referencia**

| Transmitancia térmica (U –W/m$^2$K) | Factor solar de la parte semitransparente () | Transmitancia de luz visible (TLV) |
|---|---|---|
| 5,7 | 0.87 | 87% |
| 3,6 | 0.77 | 79% |
| 3 | 0.77 | 79% |
| 2,4 | 0.65 | 77% |

FVM: tendrá el mismo porcentaje que el edificio objeto, hasta un máximo de un 40% de superficie de ventana calculado en cada orientación. En caso de superarse este 40%, se deberá fijar el caso de referencia en este valor. Se incluyen todo tipo de edificios con excepción de salas de clase en establecimientos de educación básica y media, dónde se utilizará el mínimo definido en el artículo 4.5.5 de la OGUC.

Distribución de elementos traslucidos: será igual que en el diseño objeto o un 40% de FVM, utilizando el factor que sea menor, y se distribuirá en cada cara del edificio en las mismas proporciones que en el diseño objeto. (Según ASHRAE 90.1)

Lucernarios: Similar al edificio objeto, con un máximo de 5% de la superficie construida de cubierta, sin considerar aleros.

Albedo de cubierta: Reflectividad de 0.30

## 3.6 Entorno del edificio

**Edif. Objeto**

El modelo deberá reflejar las características del entorno del edificio, en cuanto obstáculos que influyen en la incidencia de la radiación solar directa en el edificio objeto. Estos obstáculos deberán ser considerados en el cálculo si afectan el factor solar modificado de las ventanas en más de un 5%.

**Edif. Referencia**

En el caso de evaluación prestacional por cálculo de dinámico utilizando programa informático especializado, se deberá modelar el entorno del edificio.

## 4. Requerimientos del modelo para el edificio objeto y el edificio de referencia, para evaluación prestacional de consumo de energía.

Para la estimación de los consumos de energía de cada uno de los usos finales, se utilizará la siguiente metodología de cálculo prestacional dinámica, en base a la simulación del comportamiento energético global del edificio.
Tanto para calcular los consumos de los sistemas de referencia como de los sistemas objeto o propuestos, se realizará sobre el modelo que incluya las características de transmitancia térmica, factor solar modificado, orientación y tamaño de ventanas, y en general, todas las características definidas en las secciones 3.1 a 3.5 para el edificio objeto.

A continuación se detallan consideraciones específicas para la simulación o cálculo de los distintos usos finales del edificio.

### 4.1 Calefacción y enfriamiento

Tanto para el sistema de referencia como el sistema objeto se trabajará con la misma demanda en climatización, obtenida en base al edificio objeto, diferenciándose en lo siguiente:

| | |
|---|---|
| **Sistema Objeto o propuesto** | El sistema objeto a simular deberá reflejar las características del sistema proyectado definidas en los documentos de la especialidad, en cuanto potencia, rendimiento, sistema de distribución, etc. Deberán considerarse los elementos de control, incluidos elementos de control solar automatizados, tales como persianas exteriores automáticas.<br><br>Se entenderá que un edificio siempre requerirá de un sistema de climatización, salvo que demuestre que el edificio no requiere climatización, según lo definido en la variable **confort térmico pasivo**. |
| **Sistema de referencia** | Calefacción: Habrá tres distintos tipos de generación de calor, dependiendo del sistema utilizado en el edificio objeto o propuesto.<br><br>En base a efecto joule (resistencia eléctrica). El sistema de calefacción será mediante una resistencia eléctrica siempre que sea un sistema de calefacción eléctrica el sistema de climatización propuesto (radiadores eléctricos, paneles convectivos, entre otros).<br><br>• En base calderas no eléctricas, el sistema de calefacción propuesto es mediante una caldera no eléctrica (pellet, gas, petróleo, entre otros), se considerar calderas con rendimiento nominal del 85% y rendimiento estacionario anual de 55%.<br>• En base Bomba de calor, El sistema de calefacción objeto es mediante una bomba de calor, se considerará una bomba de calor con un COP de 2,8 no minal.<br><br>Bombas re-circuladoras de agua caliente: Las potencias de las bombas serán de 301 kW/100l/s con un flujo continuo.<br><br>Enfriamiento: Sistema en base a Unidad Manejadoras de Aire por cada bloque térmico, con condensador o “Chiller” enfriado por aire, con un COP de 2,8 nominal.<br><br>Bombas Re-circuladoras de agua fría: Las potencias de las bombas será de 349 kW/100 L/s.<br><br>Las capacidades de los equipos tendrán un sobre dimensionamiento de un 15% para refrigeraciones y un 1,25% para calefacción.<br><br>Las horas no cubiertas en el confort térmico, no excederá las 300 horas (8.760 horas de simulación) y la diferencia de horas no cubiertas con el edificio objeto no será mayor a 50. |

Tabla Rendimientos estacionarios tipo de distintos equipos

| Tipo de sistema de calefacción | Rendimiento estacionario anual tipo |
|---|---|
| Caldera estándar (encendido por piloto) | 55 a 65 |
| Caldera de eficiencia media (encendido por chispa) | 65 a 75 |
| Caldera de condensación o alta eficiencia | 95 a 98 |
| Caldera Petróleo | 77 a 81 |
| Caldera a Leña | 54 a 63 |
| Caldera a Pellet | 63 a 81 |
| Resistencia eléctrica | 100 |
| Bomba calor agua - agua | 450 a 550 |
| Bomba calor aire - agua | 240 a 310 |
| **Tipo de sistema de refrigeración** | **Rendimiento estacionario anual tipo** |
| Compresor – centrifugo | 5 a 6,7 |
| Compresor – alternativo | 3,8 a 4,6 |
| Compresor de tornillo | 4,1 a 5,6 |
| Compresor - scroll | 4,6 a 7 |
| Bomba de calor - gas | 1,1 |
| Bomba de calor - aire | 1,3 a 2 |
| Bomba de calor - agua | 3 a 3,5 |
| Absorción – un efecto | 0,65 a 0,7 |
| Absorption – dos efectos | 1,2 |
| Por corriente de vapor | 0,2 a 0,3 |

Fuente: Elaboración propia en base a RET Screen

## 4.2 Agua Caliente Sanitaria

Se utilizará la demanda calculada del edificio, según el Apéndice “Determinación de la demanda de Agua Caliente Sanitaria”, tanto para el sistema de ACS de referencia como el sistema objeto o proyectado, diferenciándose en lo siguiente:

| | |
|---|---|
| **Sistema objeto o propuesto** | El sistema objeto a simular deberá reflejar las características del sistema proyectado definidas en los documentos de la especialidad, en cuanto potencia, rendimiento, sistema de distribución, etc. Deberán incluirse los elementos de control. |
| **Sistema de referencia** | Se considerará en base a caldera con rendimiento nominal de 85% y bombas recirculadoras de agua caliente: Las potencias de las bombas serán de 301 kW/100l/s con un flujo continuo.<br><br>No se considerarán elementos de control |

## 4.3 Ventilación mecánica

| | |
|---|---|
| **Sistema "Objeto" o propuesto** | Se utilizarán los caudales de aire fresco definidos en los documentos de la especialidad, los que en ningún caso podrán ser menores a lo definido en el requerimiento de ventilación mecánica<br><br>El sistema objeto o propuesto a simular deberá reflejar las características del sistema proyectado definidas en los documentos de la especialidad. Deberán incluirse los elementos de control. |
| **Sistema de referencia** | Se considerará un sistema en base a Unidad Manejadoras de Aire con inyección de aire en cada recinto regularmente ocupado, y extractores en baños y cocinas. Se utilizará una potencia de ventiladores en base a la tabla 29, según sus caudales de diseño.<br><br>No se considerarán elementos de control. |

Se considerará tanto el caudal total de aire fresco a ingresar $V_{bz}$, como el caudal de extracción $V_{ex}$. En el caso de evaluación, para definir la Potencia (kW), se utilizarán las ecuaciones señaladas en la siguiente tabla.

Tabla Potencia de ventiladores y extractores en función de su caudal de diseño

| Tipo | Caudal | Potencia (kW) |
|---|---|---|
| **Ventilador** | $V_{bz}$ **≤ 2500 m³/h** | $(0{,}00000006 * V_{bz})^2 + 0{,}00006 * V_{bz} + 0{,}0014$ |
| | $V_{bz}$ **> 2500 m³/h** | $0{,}0005 * V_{bz} - 0{,}67$ |
| **Extractor** | $V_{ex}$ **≤ 800 m³/h** | $(0{,}0005 *(-0{,}001* V_{ex})* V_{ex})^2$ |
| | $V_{ex}$ **> 800 m³/h** | $0{,}0005 * V_{ex} - 0{,}22$ |

Fuente: Elaboración propia en base a análisis de regresión

La siguiente tabla muestra algunos valores tipo definidos según las ecuaciones de la Tabla 29

| Ventilador | | Extractor | |
|---|---|---|---|
| **Caudal m³/h** | **Potencia (kW)** | **Caudal m³/h** | **Potencia (kW)** |
| 500 | 0,045 | 500 | 0,150 |
| 1000 | 0,120 | 1000 | 0,280 |
| 1500 | 0,225 | 1500 | 0,530 |
| 2000 | 0,360 | 2000 | 0,780 |
| 2500 | 0,555 | 2500 | 1,030 |
| 3000 | 0,805 | 3000 | 1,280 |
| 3500 | 1,055 | 3500 | 1,530 |
| 4000 | 1,305 | 4000 | 1,780 |
| 4500 | 1,555 | 4500 | 2,030 |
| 5000 | 1,805 | 5000 | 2,280 |

## 4.4 Iluminación

| | |
|---|---|
| **Sistema objeto o propuesto** | El sistema objeto a simular deberá reflejar las características del sistema proyectado definidas en los documentos de la especialidad.<br><br>Se evaluarán, como mínimo, todos los recintos que posean iluminación activa en el edificio (más de una hora de encendido diario) sin descartar estacionamiento ni espacios de circulación.<br><br>La reducción de la potencia instalada por efecto del sistema de control, tales como control integrado programable, control de presencia y balance automático luz día, deberá cumplir con lo señalado en el Apéndice 13: Iluminación artificial, sección 4. |
| **Sistema de referencia** | Se considerará la potencia instalada según lo definido en el Apéndice 13 No se considerarán sistemas de control.<br><br>Se evaluarán, como mínimo, todos los recintos que posean iluminación activa en el edificio (más de una hora de encendido diario) sin descartar estacionamiento ni espacios de circulación. |

## 4.5 Otros Consumos

**Sistema objeto o propuesto**

Se utilizarán dos métodos para obtener el consumo de equipos de fuerza:

**Opción 1**: cálculo simplificado en base a:
OC: C * 0.33

Dónde,
OC: Consumo por artefactos y otros usos
C: Suma de los consumos por Calefacción, Refrigeración, ACS, Ventilación e Iluminación.

Es decir, este uso final deberá representar, por defecto, un 25% del consumo energético total del edificio.

**Opción 2:** Estimación de consumo eléctrico por artefactos y otros usos.

**Sistema de referencia**

Se puede tomar como referencia la tabla G-B “Densidad de potencia aceptable” de la 90.1 User¨s Manual, la cual se visualiza a continuación:

| Tipo de Uso | Densidad de Potencia W/m$^2$ |
|---|---|
| **Auditorio** | 2,7 |
| **Salud / institucional** | 10,8 |
| **Hotel / Motel** | 2,7 |
| **Manufactura ligera** | 2,2 |
| **Oficina** | 8,1 |
| **Restaurante** | 1,1 |
| **Comercio** | 2,7 |
| **Educacional** | 6,5 |
| **Bodega de deposito** | 1,1 |

## 4.6 Energía Renovable No Convencional (ERNC)

| | |
|---|---|
| **Sistema "Objeto" o propuesto** | El sistema objeto a simular o calcular deberá reflejar las características del sistema proyectado definidas en los documentos de la especialidad. La simulación o cálculo deberá ser realizado utilizando programas informáticos especializados. |
| **Sistema de referencia** | No se considerará el uso de sistemas de ERNC |

## 5. Recomendaciones para la eficiencia de los ventiladores

Se recomienda que el sistema de ventilación mecánica cumpla con eficiencias mínimas para motores eléctricos. Este requerimiento se basa en lo establecido en el estándar ASHRAE 90.1-2007 sección 10 Other Equipment.

Estos requerimientos de eficiencia se aplican para todos los motores trifásicos cuya potencia eléctrica se encuentre entre 1 Hp y 200 Hp. Se excluyen de este requerimiento los motores con las siguientes características:

1. Motores que funcionen menos de 500 hrs por año.
2. Motores eléctricos que se encuentren fuera del rango de potencia 1 Hp y 200 Hp.
3. Motores monofásicos.
4. Motores con múltiples velocidades y motores que posean variadores de frecuencia.
5. Bombas con motores incluidos (Motobombas).
6. Motores herméticos sin ventilación.
7. Motores herméticos con ventilación externa.
8. Motores con motoreductor integrado.

Los motores no excluidos deben cumplir con el nivel de eficiencia IE2 (high efficiency) según lo establecido en el estándar IEC 60034-30 (2008).

Tabla 25: Porcentajes de eficiencia para motores de frecuencia 50 Hz, los cuales son aplicables en Chile.

| | **IE2 – Alta eficiencia (%)** | | |
|---|---|---|---|
| **kW** | 2 polos | 4 polos | 6 polos |
| **0,75** | 77,4 | 79,6 | 75,9 |
| **1,1** | 79,6 | 81,4 | 78,1 |
| **1,5** | 81,3 | 82,8 | 79,8 |
| **2,2** | 83,2 | 84,3 | 81,8 |
| **3** | 84,6 | 85,5 | 83,3 |
| **4** | 85,8 | 86,6 | 84,6 |
| **5,5** | 87,0 | 87,7 | 86,0 |
| **7,5** | 88,1 | 88,7 | 87,2 |
| **11** | 89,4 | 89,8 | 88,7 |
| **15** | 90,3 | 90,6 | 89,7 |
| **18,5** | 90,9 | 91,2 | 90,4 |
| **22** | 91,3 | 91,6 | 90,9 |
| **30** | 92,0 | 92,3 | 91,7 |
| **37** | 92,5 | 92,7 | 92,2 |
| **45** | 92,9 | 93,1 | 92,7 |
| **55** | 93,2 | 93,5 | 93,1 |

| | IE2 – Alta eficiencia (%) | | |
|---|---|---|---|
| **75** | 93,8 | 94,0 | 93,7 |
| **90** | 94,1 | 94,2 | 94,0 |
| **110** | 94,3 | 94,5 | 94,3 |
| **132** | 94,6 | 94,7 | 94,6 |
| **160** | 94,8 | 94,9 | 94,8 |

Fuente: IEC 60034-30 (2008).

## 6. Recomendaciones de aislación térmica en distribución de calor y frío

Sin perjuicio de los requerimientos mínimos de aislación térmica para la distribución de calor y frío señalados en el requisito 16R, se recomienda aumentar los niveles de aislación en base a las siguientes tablas.

### Cañerías y accesorios para climatización

| Espesor aislación térmica – conducción líquido caliente | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diámetro exterior cañería (pulgadas) | Temperatura del fluido °C | | | |
| | 40 a 65 | 65 a 100 | 101 a 150 | 151 a 200 |
| D < 1 1/4 | 20 | 20 | 30 | 40 |
| 1 1/4<D < 2 | 20 | 30 | 40 | 40 |
| 2 < D < 3 | 30 | 30 | 40 | 50 |
| 3 < D < 5 | 30 | 40 | 50 | 50 |
| 5 < D | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Espesor aislación térmica – conducción líquido frío | | | | |
| Diámetro exterior cañería (pulgadas) | Temperatura del fluido °C | | | |
| | -20 a -10 | -9,9 a 0 | 0,1 a 10 | >10 |
| D < 1 1/4 | 40 | 30 | 20 | 20 |
| 1 ¼< D < 2 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| 2 < D < 3 | 50 | 40 | 30 | 30 |
| 3 < D < 5 | 60 | 50 | 40 | 30 |
| 5 < D | 60 | 50 | 40 | 30 |

### Cañerías y accesorios para ACS (NCh 3287:2013)

| Espesor mínimo de aislación térmica | Diámetro exterior (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | PP y PEX | Cobre | Acero Carbono (Fe) |
| 10 | ≤ 20 | ≤ 22 | ≤ 28 |
| 13 | > 20 a ≤ 40 | > 22 a ≤ 35 | > 28 a ≤ 42 |
| 20 | > 40 a ≤ 50 | > 35 a ≤ 54 | > 42 a ≤ 60 |
| 25 | > 50 a ≤ 75 | > 54 a ≤ 76 | > 60 a ≤ 89 |
| 30 | > 75 | > 76 | > 89 |

## Conductos y accesorios (espesor en mm y conductividad térmica λ =0,04 W//m*K)

| Climatización por aire | Aislación térmica en conductos de inyección | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Por interior no climatizado (se excluyen plenums) | | Por exterior de la envolvente térmica | |
| | SI, SE, An | Otras zonas | SI, SE, An | Otras zonas |
| Calefacción | 20 | 20 | 30 | 30 |
| Refrigeración | 30 | 30 | 40 | 40 |

# Apéndice 10: Demanda de Agua Caliente Sanitaria

Para el cálculo de la demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS), se utilizan los siguientes consumos unitarios, considerados a una temperatura $T_u$ de 45ºC.

| Tipo de Recinto | Consumo unitario (litros/pers.día)[a] | Nº personas por plaza (p) |
|---|---|---|
| Hospitales y clínicas | 80 | 1 |
| Ambulatorio y centro de salud | 60 | 1 |
| Hotel (5 estrellas) | 100 | 1 |
| Hotel (4 estrellas) | 80 | 1 |
| Hotel (3 estrellas)/Apart hotel | 60 | 1 |
| Hotel/Hostal/Apart hotel | 50 | 1 |
| Hostal/Pensión/Apart hotel | 40 | 1 |
| Camping/campamentos | 30 | 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 |
| Fábricas y talleres | 30 | 1 |
| Oficinas | 3 | 0,5 |
| Gimnasios | 30 | 1 |
| Restaurantes | 12 | 2 |
| Cafeterías | 2 | 3 |

Este consumo unitario está definido sin considerar la reducción de los caudales de griferías y artefactos eficientes. El consumo del edificio objeto (edificio a evaluar) deberá reflejar la reducción por efecto de dichas estrategias.

La demanda de energía viene determinada por la siguiente ecuación:

$$DE_{ACS} = Q_{ACS}(T_u) \bullet \rho \bullet Cp \bullet (T_u - T_{AF})$$

En donde:

- $DE_{ACS}$ es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de agua caliente sanitaria de consumo.
- $Q_{ACS}(T_u)$ es el caudal de agua caliente sanitaria de consumo, a una temperatura $T_u$.
- $\rho$ es la densidad del agua.
- $Cp$ es el calor específico del agua a presión constante.
- $T_u$ corresponde a la temperatura de utilización del agua en los puntos de consumo.
- $T_{AF}$ es la temperatura de red del agua.

La temperatura diaria media mensual de agua fría de red se ha definido, para cada una de las comunas, en el Anexo VI de la Norma Técnica aprobada en la ResEx N° 502, del 30 de septiembre de 2010, del Ministerio de Energía. Estas temperaturas de red se muestran para 54 capitales provinciales en la siguiente tabla. Para otras comunas, podrán utilizarse los valores de la norma en referencia, o utilizar la de una comuna adyacente:

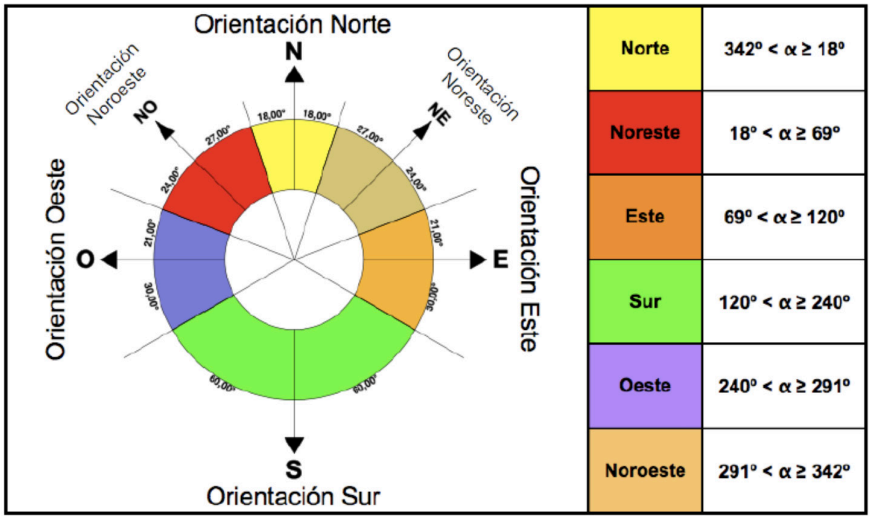
| Comuna | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Angol | 12,6 | 11,3 | 11,3 | 10,0 | 9,0 | 8,1 | 7,7 | 8,5 | 9,0 | 9,9 | 10,8 | 11,8 |
| Antofagasta | 13,8 | 13,0 | 13,0 | 11,7 | 10,3 | 9,4 | 9,2 | 10,3 | 11,1 | 12,6 | 13,1 | 13,6 |
| Arica | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 17,3 | 16,2 | 15,5 | 15,1 | 15,6 | 15,8 | 16,6 | 17,1 | 17,2 |
| Aysén | 13,1 | 11,7 | 11,7 | 10,1 | 8,5 | 7,0 | 7,0 | 7,7 | 8,6 | 10,1 | 11,2 | 12,3 |
| Cabo de Hornos | 7,1 | 6,2 | 6,2 | 5,4 | 4,2 | 3,2 | 3,3 | 3,7 | 4,2 | 5,1 | 6,1 | 6,7 |
| Calama | 14,5 | 14,2 | 14,2 | 13,7 | 12,4 | 11,5 | 11,5 | 12,6 | 13,3 | 14,3 | 14,6 | 14,7 |
| Castro | 12,2 | 11,2 | 11,2 | 10,2 | 9,7 | 8,4 | 8,2 | 8,7 | 9,2 | 10,2 | 10,7 | 11,7 |
| Cauquenes | 14,3 | 13,3 | 13,3 | 12,0 | 11,0 | 10,4 | 10,0 | 10,5 | 11,0 | 11,9 | 12,9 | 13,8 |
| Chaitén | 11,8 | 10,6 | 10,6 | 9,1 | 7,8 | 6,2 | 6,2 | 6,9 | 7,7 | 9,1 | 10,0 | 11,1 |
| Chañaral | 19,6 | 18,5 | 18,5 | 17,0 | 15,4 | 14,4 | 14,2 | 15,4 | 16,4 | 17,9 | 18,6 | 19,1 |
| Chile Chico | 9,8 | 8,3 | 8,3 | 6,6 | 5,0 | 3,4 | 3,4 | 4,2 | 5,2 | 6,8 | 7,8 | 8,8 |
| Chillán | 14,2 | 13,6 | 13,6 | 12,1 | 11,5 | 10,7 | 10,4 | 11,0 | 11,1 | 12,1 | 13,1 | 13,6 |
| Cochrane | 9,8 | 8,4 | 8,4 | 6,8 | 5,1 | 3,6 | 3,6 | 4,5 | 5,3 | 6,9 | 8,1 | 9,1 |
| Colina | 17,3 | 15,7 | 15,7 | 13,1 | 11,4 | 10,1 | 9,8 | 10,9 | 11,9 | 13,8 | 15,6 | 15,7 |
| Concepción | 14,2 | 13,2 | 13,2 | 12,2 | 11,2 | 10,7 | 10,2 | 10,7 | 11,2 | 12,0 | 12,7 | 13,9 |
| Copiapó | 12,5 | 11,4 | 11,4 | 9,8 | 8,1 | 6,9 | 6,8 | 8,0 | 9,2 | 10,8 | 11,6 | 12,2 |
| Coquimbo | 15,7 | 15,2 | 15,2 | 14,2 | 13,3 | 12,8 | 12,7 | 12,8 | 13,2 | 13,7 | 14,4 | 15,2 |
| Coyhaique | 10,7 | 9,3 | 9,3 | 7,6 | 6,1 | 4,5 | 4,5 | 5,2 | 6,2 | 7,7 | 8,7 | 10,0 |
| Curicó | 15,8 | 14,3 | 14,3 | 12,0 | 10,2 | 8,8 | 8,8 | 9,6 | 10,6 | 12,4 | 13,9 | 14,0 |
| Illapel | 17,7 | 15,8 | 15,8 | 13,1 | 11,1 | 9,5 | 9,3 | 10,6 | 12,1 | 14,5 | 16,0 | 17,2 |
| Iquique | 19,1 | 18,6 | 18,6 | 17,6 | 16,9 | 16,0 | 16,0 | 16,1 | 16,1 | 16,6 | 17,5 | 18,5 |
| Isla de Pascua | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 21,5 | 21,0 | 20,5 | 19,0 | 20,0 | 20,0 | 20,5 | 21,0 | 21,2 |
| La Ligua | 19,6 | 18,1 | 18,1 | 15,9 | 14,3 | 13,2 | 12,9 | 13,8 | 14,9 | 16,6 | 17,7 | 18,2 |
| La Serena | 15,8 | 15,0 | 15,0 | 13,6 | 12,4 | 11,9 | 11,4 | 11,9 | 12,6 | 13,5 | 14,3 | 15,3 |
| La Unión | 12,9 | 11,9 | 11,9 | 10,6 | 9,7 | 8,7 | 8,6 | 9,1 | 9,4 | 10,4 | 11,3 | 12,1 |
| Lebu | 14,1 | 13,1 | 13,1 | 12,0 | 11,1 | 10,5 | 10,1 | 10,6 | 11,0 | 12,0 | 12,6 | 12,7 |
| Linares | 16,1 | 14,6 | 14,6 | 12,5 | 11,1 | 9,9 | 9,8 | 10,6 | 11,4 | 12,9 | 14,3 | 15,3 |
| Los Andes | 8,9 | 7,1 | 7,1 | 4,8 | 2,9 | 1,6 | 1,4 | 2,6 | 3,7 | 5,9 | 7,3 | 13,5 |
| Los Angeles | 13,9 | 13,2 | 13,2 | 11,9 | 11,0 | 10,3 | 9,9 | 10,5 | 10,9 | 11,8 | 12,7 | 13,4 |
| Melipilla | 19,5 | 18,0 | 18,0 | 16,0 | 14,1 | 13,2 | 13,0 | 14,0 | 14,5 | 16,0 | 17,5 | 19,0 |
| Natales | 7,7 | 7,1 | 7,1 | 6,2 | 5,2 | 4,2 | 4,1 | 4,5 | 5,1 | 5,9 | 6,7 | 8,0 |
| Osorno | 12,7 | 11,8 | 11,8 | 10,7 | 10,2 | 8,8 | 8,8 | 9,3 | 9,7 | 10,3 | 11,3 | 12,2 |
| Ovalle | 15,9 | 15,3 | 15,3 | 13,8 | 12,8 | 12,1 | 11,9 | 12,2 | 12,8 | 13,8 | 14,6 | 15,4 |
| Pichilemu | 18,7 | 17,3 | 17,3 | 15,6 | 13,8 | 12,8 | 12,6 | 13,3 | 14,3 | 15,8 | 17,1 | 18,2 |
| Porvenir | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 5,9 | 4,4 | 3,3 | 3,4 | 3,9 | 4,8 | 5,9 | 6,9 | 6,9 |
| Pozo Almonte | 17,8 | 17,3 | 17,3 | 16,4 | 15,3 | 14,6 | 14,5 | 15,0 | 15,4 | 16,1 | 16,6 | 17,0 |
| Puente Alto | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,5 | 12,5 | 14,5 | 15,5 | 16,6 |
| Puerto Montt | 12,2 | 11,4 | 11,4 | 9,9 | 9,0 | 8,0 | 7,8 | 8,1 | 8,7 | 9,7 | 10,7 | 11,8 |

| Comuna | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Punta Arenas | 7,9 | 7,2 | 7,2 | 6,3 | 5,1 | 4,0 | 4,0 | 4,4 | 5,2 | 6,1 | 6,9 | 7,7 |
| Putre | 10,4 | 10,4 | 10,4 | 9,9 | 8,9 | 7,8 | 7,9 | 8,6 | 9,4 | 10,3 | 10,8 | 10,2 |
| Quillota | 19,7 | 18,4 | 18,4 | 16,4 | 14,4 | 13,4 | 13,2 | 14,2 | 14,9 | 16,4 | 17,9 | 18,0 |
| Quilpué | 18,1 | 16,8 | 16,8 | 14,8 | 12,8 | 11,8 | 11,6 | 12,3 | 13,3 | 14,8 | 16,3 | 18,8 |
| Rancagua | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,5 | 12,5 | 14,0 | 15,5 | 17,0 |
| San Antonio | 19,6 | 18,1 | 18,1 | 16,1 | 14,4 | 13,6 | 13,1 | 14,1 | 14,9 | 16,1 | 17,6 | 19,1 |
| San Bernardo | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,8 | 12,5 | 14,0 | 15,5 | 16,5 |
| San Felipe | 17,7 | 16,2 | 16,2 | 14,1 | 12,6 | 11,1 | 11,1 | 12,1 | 13,1 | 14,7 | 16,2 | 15,9 |
| San Fernando | 15,1 | 13,3 | 13,3 | 10,9 | 9,2 | 7,8 | 7,6 | 8,4 | 9,7 | 11,6 | 13,0 | 14,5 |
| Santiago | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,7 | 12,5 | 14,4 | 15,5 | 17,0 |
| Talagante | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,7 | 12,5 | 14,0 | 15,5 | 16,5 |
| Talca | 16,2 | 14,8 | 14,8 | 13,3 | 12,3 | 11,7 | 11,3 | 11,8 | 12,3 | 13,3 | 14,7 | 16,2 |
| Temuco | 13,7 | 12,7 | 12,7 | 11,3 | 10,5 | 9,7 | 9,3 | 9,8 | 10,2 | 11,2 | 12,0 | 12,9 |
| Tocopilla | 19,1 | 18,5 | 18,5 | 17,6 | 16,5 | 15,7 | 15,6 | 16,2 | 16,6 | 17,3 | 18,0 | 18,6 |
| Valdivia | 13,7 | 12,7 | 12,7 | 11,2 | 10,6 | 9,6 | 9,6 | 9,8 | 10,2 | 11,2 | 12,1 | 13,1 |
| Vallenar | 15,5 | 14,5 | 14,5 | 12,9 | 11,5 | 10,2 | 10,1 | 11,2 | 12,0 | 13,5 | 14,4 | 15,0 |
| Valparaíso | 19,1 | 18,1 | 18,1 | 16,1 | 14,1 | 13,1 | 12,6 | 13,6 | 14,6 | 16,1 | 17,6 | 19,5 |

# Apéndice 11: Definición de orientación y Cálculo de Factor Solar Modificado

Para definir la orientación de la fachada de un edificio se utilizará la siguiente figura.

Tabla Definición de la orientación de una fachada.




Fuente: TDRe de la DA MOP / DECON UC / CITEC UBB

El factor solar modificado de vanos o lucernarios se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$FSM=FS*[(1-Fm)*g\perp+Fm*0,04*Um*\alpha]$$

Dónde:

- *Fs:* factor de sombra del vano o lucernario obtenido de la tabla correspondiente (Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36) en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de Fs se debe considerar igual a la unidad.
- *Fm:* 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.
- *Um*: transmitancia térmica del marco del vano o lucernario.
- *α:* absortividad del marco, obtenida de la siguiente tabla en función de su color:

Absortividad del marco para radiación solar (α). Fuente: Código Técnico de la Edificación de España

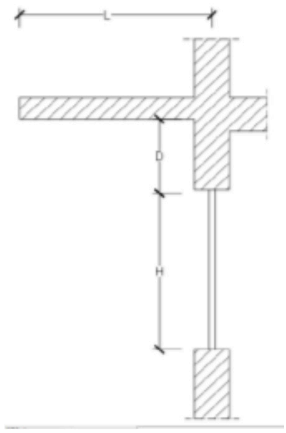
Tabla Absortividad del marco para radiación solar (α).

| 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

## Factor de sombra para voladizos

Tabla Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo.

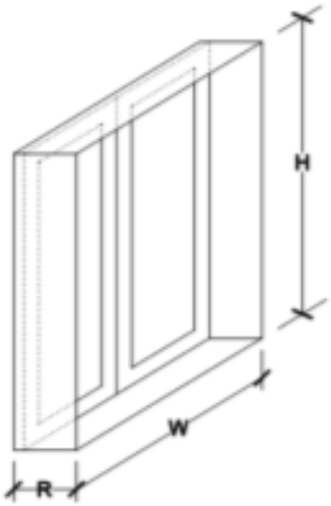



| Orientación fachada | | 0,2< L/H ≤0,5 | 0,5< L/H ≤1 | 1< L/H ≤2 | L/H > 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | 0 < D/H ≤ 0,2 | 0,82 | 0,5 | 0,28 | 0,16 |
| | 0,2 < D/H ≤ 0,5 | 0,87 | 0,64 | 0,39 | 0,22 |
| | D/H > 0,5 | 0,93 | 0,82 | 0,6 | 0,39 |
| **NE** | 0 < D/H ≤ 0,2 | 0,90 | 0,71 | 0,43 | 0,16 |
| | 0,2 < D/H ≤ 0,5 | 0,94 | 0,82 | 0,60 | 0,27 |
| | D/H > 0,5 | 0,98 | 0,93 | 0,84 | 0,65 |
| **NO** | 0 < D/H ≤ 0,2 | 0,90 | 0,71 | 0,43 | 0,16 |
| | 0,2 < D/H ≤ 0,5 | 0,94 | 0,82 | 0,6 | 0,27 |
| | D/H > 0,5 | 0,98 | 0,93 | 0,84 | 0,65 |
| **Este** | 0 < D/H ≤ 0,2 | 0,92 | 0,77 | 0,55 | 0,22 |
| | 0,2 < D/H ≤ 0,5 | 0,96 | 0,86 | 0,7 | 0,43 |
| | D/H > 0,5 | 0,99 | 0,96 | 0,89 | 0,75 |
| **Oeste** | 0 < D/H ≤ 0,2 | 0,92 | 0,77 | 0,55 | 0,22 |
| | 0,2 < D/H ≤ 0,5 | 0,96 | 0,86 | 0,7 | 0,43 |
| | D/H > 0,5 | 0,99 | 0,96 | 0,89 | 0,75 |

NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

Fuente: Elaboración propia en base a CTE DB HE 2006.

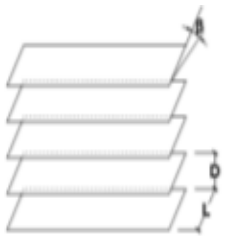
Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo.



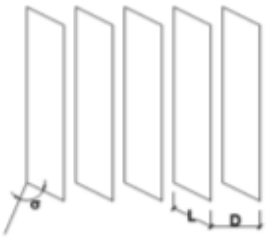

| Orientación fachada | | 0,05<R/W≤0,1 | 0,1<R/W≤0,2 | 0,2<R/W≤0,5 | R/W >0,5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Norte | 0,05 < R/H ≤ 0,1 | 0,82 | 0,74 | 0,62 | 0,39 |
| | 0,1 < R/H ≤ 0,2 | 0,76 | 0,67 | 0,56 | 0,35 |
| | 0,2 < R/H ≤ 0,5 | 0,56 | 0,51 | 0,39 | 0,27 |
| | R/H > 0,5 | 0,35 | 0,32 | 0,27 | 0,17 |
| Noreste | 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 |
| | R/H > 0,5 | 0,38 | 0,36 | 0,32 | 0,23 |
| Noroeste | 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 |
| | R/H > 0,5 | 0,38 | 0,36 | 0,32 | 0,23 |
| Este | 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 |
| Oeste | 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 a CTE.

Factor de sombra para lamas.




| Orientación fachada | Angulo de inclinación (β) | | |
|---|---|---|---|
| | < 30° | ≥ 30° y < 60° | ≥ 60° |
| Norte | 0,49 | 0,42 | 0,26 |
| Noroeste | 0,54 | 0,44 | 0,26 |
| Noreste | 0,54 | 0,44 | 0,26 |
| Oeste | 0,57 | 0,45 | 0,27 |
| Este | 0,57 | 0,45 | 0,27 |

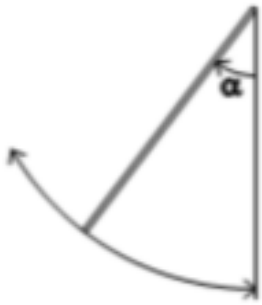



| Orientación fachada | Angulo de inclinación (σ) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ≥60° | ≥45° | ≥30° | ≥0° | ≥-30° | ≥-45° | ≥-60° |
| Norte | 0,37 | 0,44 | 0,49 | 0,53 | 0,47 | 0,41 | 0,32 |
| Noroeste | 0,46 | 0,53 | 0,56 | 0,56 | 0,47 | 0,4 | 0,3 |
| Noreste | 0,38 | 0,44 | 0,5 | 0,56 | 0,53 | 0,48 | 0,38 |
| Oeste | 0,39 | 0,47 | 0,54 | 0,63 | 0,55 | 0,45 | 0,32 |
| Este | 0,44 | 0,52 | 0,58 | 0,63 | 0,5 | 0,41 | 0,29 |

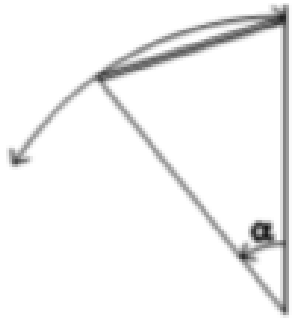
Notas:
1. Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1.
2. El ángulo σ debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

Fuente: Elaboración propia en base a CTE DB HE 2006.

Tabla Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos.




| Orientación Fachada < 30° | | Ángulo (α) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ≥ 30° y <60° | ≥ 60° | |
| Tejido opaco (τ=0) | Norte | 0,02 | 0,05 | 0,22 |
| | Noroeste | 0,02 | 0,05 | 0,22 |
| | Noreste | 0,02 | 0,05 | 0,22 |
| | Oeste | 0,04 | 0,08 | 0,28 |
| | Este | 0,04 | 0,08 | 0,28 |
| Tejido translucido (τ=0) | Norte | 0,22 | 0,25 | 0,42 |
| | Noroeste | 0,22 | 0,25 | 0,42 |
| | Noreste | 0,22 | 0,25 | 0,42 |
| | Oeste | 0,24 | 0,28 | 0,48 |
| | Este | 0,24 | 0,28 | 0,48 |

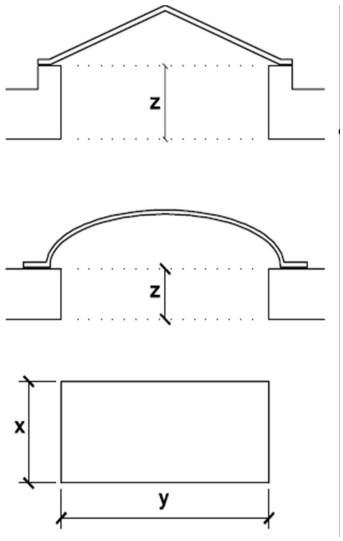



| Orientación Fachada 30° | | Ángulo (α) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 45° | 60° | |
| Tejido opaco (τ=0) | Norte | 0,43 | 0,2 | 0,14 |
| | Noroeste | 0,61 | 0,3 | 0,39 |
| | Noreste | 0,61 | 0,3 | 0,39 |
| | Oeste | 0,67 | 0,4 | 0,28 |
| | Este | 0,67 | 0,4 | 0,28 |
| Tejido translucido (τ=0) | Norte | 0,63 | 0,4 | 0,34 |
| | Noroeste | 0,81 | 0,5 | 0,42 |
| | Noreste | 0,81 | 0,5 | 0,42 |
| | Oeste | 0,87 | 0,6 | 0,48 |
| | Este | 0,87 | 0,6 | 0,48 |

Notas:
τ=Transmitancia de tejido en toldos, adimensional.

Fuente: Elaboración propia en base a CTE DB HE 2006.

Tabla Factor de sombra para lucernarios.




| | | Y/Z | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **0,10** | **0,50** | **1,00** | **2,00** | **5,00** | **10,00** |
| **X/Z** | **0,1** | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,44 | 0,44 |
| | **0,5** | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,51 | 0,52 |
| | **1,0** | 0,43 | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,59 |
| | **2,0** | 0,43 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,66 | 0,68 |
| | **5,0** | 0,44 | 0,51 | 0,58 | 0,66 | 0,75 | 0,79 |
| | **10,0** | 0,44 | 0,52 | 0,59 | 0,68 | 0,79 | 0,85 |

Notas:
1. Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales.
2. En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor (y) y menor (x) o el diámetro.

Fuente: Elaboración propia en base a CTE DB HE 2006.

# Apéndice 12: Hermeticidad de la envolvente

## Protocolo complementario ensayo de infiltración de aire

### 1. Introducción

El objetivo de este protocolo es incorporar al sistema de certificación CES un Apéndice con el detalle de la metodología necesaria para demostrar el cumplimiento del requerimiento CES asociado a la medición del nivel de infiltración de aire, de uno o más recintos, de un edificio mediante el ensayo de blower-door.

### 2. Norma referencia

- Ejecución del ensayo
  Para la ejecución del ensayo de infiltración de aire en la envolvente se utiliza la NCh3295, esta norma está basada en la norma ASTM E799-10, siendo idénticas. Además cita a otras 3 normas ASTM como referencia:
  - ASTM E631 | terminología
  - ASTM E741 | ensayo con gas trazador
  - ASTM E1258 | Calibración flujo aire

La norma ASTM E1258 se considera parte del procedimiento de calibración del equipo de ensayo.

### 3. Requisitos técnicos de equipos

De acuerdo con la referencia NCh-ISO17025 para laboratorios de ensayo, y que es requerido por MINVU para la acreditación en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción (D.S. N°10), establece la obligatoriedad de un plan de calibraciones y/o verificaciones periódicas para las magnitudes relevantes de medición.

Las magnitudes relevantes para este ensayo corresponden a:
- Medición de presión | exactitud ±5% presión medida o 0,25 Pa
- Flujo de aire | ±5% del flujo medido | calibración según ASTM E1258
- Temperatura | ±1 °C
- Velocidad del viento (datos ambientales)

Como recomendación se establece el siguiente programa mínimo:

| MAGNITUD | Verificación | Calibración |
|---|---|---|
| **Presión** | n.a. | 3 años |
| **Flujo de aire** | Anual / ASTM E1258 | n.a. |
| **Temperatura** | n.a. | 3 años |
| **Velocidad de viento** | n.a. | 5 años |

### 4. Requisitos técnicos de informes

Adicionalmente a los requisitos que se deben informar establecidos en la norma de ensayo de referencia, se solicita informar la precisión del ensayo. Esta punto se aborda en la NCh-ISO17025 como incertidumbre de ensayo y se deberá incluir con estos lineamientos.

## 5. Procedimiento de ensayo

Complementariamente a lo indicado en la norma de ensayo de referencia, se establecen las siguientes condiciones para el sellado de elementos:

| ELEMENTOS | Sellado | Sin sellar |
|---|---|---|
| **Puertas** | • Encuentro de la hoja de la puerta y su marco.<br>• Rejilla de ventilación<br>• Espacio bajo la hoja de la puerta | • Encuentro marco de la puerta y vano |
| **Ventanas** | Marco y hojas practicables | Encuentro marco de la ventana y vano |
| **Aberturas de ventilación** | Todas | n.a |
| **Chimeneas** | Todas | 5 años |
| **Zonas interconectadas** | Todas | n.a |
| **Cielos falsos** | Espacio sobre cielo falso conectado a otros recintos | n.a |
| **Sanitarios y desagües** | Todas | n.a |
| **Lámparas y sistemas eléctricos** | Todas | n.a |

## 6. Selección de recintos para ensayo

De acuerdo a lo establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC, específicamente en el punto 2.C Infiltración de aire, se indica la cantidad de recintos a ensayar para los usos salud y educación:

- Educación
  - o Tipo de recintos considerados:
    - Laboratorios
    - Talleres y multitalleres
    - Aulas
    - Aulas de integración
    - Sala de profesores
    - Salas de actividades de párvulos
    - Biblioteca o CRA

  - o Tamaño de la muestra de ensayo:

| **Nº recintos docentes** | 5 a 16 | 17 a 24 | 25 a 32 | >32 |
|---|---|---|---|---|
| **Tamaño de la muestra** | 2 | 3 | 4 | 10% |

- Salud
  - o Tipo de recintos considerados: Recintos regularmente ocupados (RRO) del perímetro del edificio.
  - o Tamaño de la muestra de ensayo: 5% de los recintos perimetrales acondicionados.

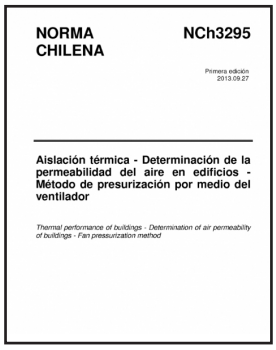
- Otros usos de Edificios
  - o Tipo de recintos considerados: Recintos regularmente ocupados (RRO) del perímetro del edificio.
  - o Tamaño de la muestra de ensayo: 5% de los recintos perimetrales acondicionados.

## 7. Otros

- Requisito establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC

| Provincia | Clase de infiltración de aire<br>50Pa<br>ach |
|---|---|
| Arica, Iquique, Tocopilla, Chañaral, Isla de Pascua | --- |
| Parinacota, Tamarugal, El Loa, Coyhaique, Aysén, General Carrera, Capitán Prat, última Esperanza, Magallanes, Tierra del Fuego, Antártica Chilena | 4,0 |
| Copiapó, Limarí, Los Angeles, Valparaíso, Santiago, Cordillera, Maipo, Melipilla, Talagante, Cachapoal, Cardenal Caro, Colchagua, Talca, Concepción, Arauco, Malleco, Cautín, Valdivia, Ranco, Osorno, Llanquihue, Palena, Chiloé | 5,0 |
| Antofagasta, Huasco, Elqui, Choapa, Petorca, Quillota, San Felipe de Aconcagua, San Antonio, Marga-Marga, Chacabuco, Curicó, Linares, Cauquenes, Diguillín, Puntilla, Itata, Biobío | 8,0 |

- Norma de ensayo


NORMA CHILENA NCh3295

Primera edición 2013.09.27

**Aislación térmica - Determinación de la permeabilidad del aire en edificios - Método de presurización por medio del ventilador**

*Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method*

https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch3295#page/1

# Apéndice 13: DAP

La declaración ambiental tipo III, declaración ambiental de producto o DAP, proporciona datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados, que se basan en la norma ISO 14040 e ISO 14044 y, cuando corresponda, información ambiental adicional. [ISO 14025]

Los objetivos de las DAP son:

- Proporcionar información basada en el ACV e información adicional de los aspectos ambientales de los productos.
- Ayudar a los compradores y usuarios a hacer comparaciones de manera informada entre los productos; estas declaraciones no son aseveraciones comparativas
- Promover la mejora del desempeño ambiental
- Proporcionar información para evaluar los impactos ambientales de los productos a lo largo de su ciclo de vida.

De acuerdo a la norma ISO21930, "el objetivo de una DAP de los productos de construcción es fomentar la demanda y el suministro de productos de construcción que produzcan los menores impactos en el medio ambiente, mediante una información verificable y exacta de los aspectos ambientales de esos productos de construcción, estimulando por tanto el potencial de una mejora ambiental continua dirigida por el mercado."

"Las DAP de productos de construcción pretenden proporcionar información para la planificación y la evaluación de edificios. Las DAP también se pueden utilizar por otras partes interesadas como compradores, arquitectos, etc., para comparar los impactos ambientales de los productos de construcción bajo determinadas condiciones."

El fabricante, o grupo de fabricantes, del producto de construcción es el único dueño de los datos y el responsable de la DAP del producto según la RCP. Nadie, distinto de dichos fabricantes, está autorizado a declarar el comportamiento ambiental de un producto de construcción. El desarrollo de una DAP es voluntario y basado en la norma ISO14025.

Para obtener una declaración ambiental de producto se deben seguir los pasos como lo indica la siguiente figura:

Figura 12.1 Proceso para la obtención de la DAP

1. **Buscar las Reglas de Categoría de Producto (RCP):** Contactar al programa DAPCO para iniciar el proceso. La empresa que desea declarar un producto deberá solicitar al administrador una guía para el procedimiento de desarrollo de una DAP y las Reglas de Categoría de Producto (RCP) aplicables a su producto.
2. **Conducir el Análisis de Ciclo de Vida (ACV):** Desarrollar un estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de acuerdo con las Reglas de Categoría de Producto (RCP) correspondientes. Al momento de ejecutar el ACV, la empresa o consultor de ACV podrá consultar la base de datos ambientales del programa DAPCO. El informe del ACV seguirá el formato determinado por las RCP.
3. **Construir la DAP:** El administrador desarrollará la DAP preliminar con la información obtenida del informe de ACV, siguiendo el procedimiento establecido en las reglas generales de operación del programa DAPCO y las indicaciones del RCP correspondiente.
4. **Verificar la DAP:** La DAP preliminar será verificada por el administrador para comunicación B2B. En el caso de que se desee realizar una DAP para comunicación de tipo B2C, se podrá contactar un verificador acreditado, quién recibirá el informe de ACV y el borrador de la DAP. El verificador deberá comprobar que el borrador de la declaración sigue las reglas correspondientes y es coherente con los resultados del ACV desarrollado. Esta comprobación podrá incluir una visita in situ a las instalaciones de la empresa.
5. **Registrar y Publicar la DAP:** Una vez finalizada la verificación, el administrador registrará la DAP y publicará el perfil detallado del producto en la página web del programa, quedando a disposición pública.

De acuerdo a la norma ISO14025, todos los impactos ambientales relevantes del producto a lo largo de todo su ciclo de vida deben ser tomados en consideración en la declaración. La norma ISO 21930 especifica que "Cuando una DAP incluye todas las etapas del ciclo de vida, tales como producto, diseño y construcción, uso y mantención y fin del ciclo de la vida útil, la DAP se llama "de la cuna a la tumba" (cradle to grave) y se convierte en una DAP de productos de la construcción basada en el ACV".

Sin embargo de acuerdo a la norma ISO 21930 "En muchos casos se realizan las DAP para aquellos productos de construcción en los cuales no se han considerado algunas etapas específicas del ciclo de vida". Este es el caso de los materiales o componentes de construcción con varias funciones posibles dentro de un edificio, por lo que se desconocen las etapas de su uso y fin de ciclo de vida útil.

En el marco del programa DAPCO se podrá preparar una DAP a partir de módulos de información, es decir, sin considerar ciertas etapas especificas del ciclo de vida, sólo bajo algunas excepciones establecidas por la norma ISO 14025:

- La información de las etapas específicas (por ejemplo, las etapas de uso o de fin de la vida útil de un producto) no esté disponible y no se puedan modelar escenarios razonables, o
- Que razonablemente se espere que estas etapas sean ambientalmente no significativas.

En ambos casos, se requerirá que el cumplimiento de las excepciones sea debidamente justificado. Toda omisión de información ambiental deberá ser descrita y justificada en el documento de RCP.

En este tipo de DAP deberá quedar claramente estipulado que no se cubren todas las etapas del ciclo de vida.

# Apéndice 14: Iluminación Artificial

## 1. Características de la grilla de análisis para el cálculo de iluminancia.

El número mínimo de puntos a considerar para las mediciones de cada plano de análisis, será en función del índice local (K) y de la obtención de un reparto de cuadriculado simétrico, definiéndose la grilla de cálculo. Su determinación será realizada de acuerdo a la fórmula expresada y el número de puntos mínimos que se detallan en la siguiente tabla.

$$K = L \times A / H \times (L + A)$$

Donde:

$L$ = Longitud del local, en metros
$A$ = Anchura del local, en metros
$H$ = Distancia del plano de trabajo a las luminarias, en metros

| Índice del local | Nº de puntos |
|---|---|
| K < 1 | 4 |
| K ≥ 1 y < 2 | 9 |
| K ≥ 2 y < 3 | 16 |
| K ≥ 3 | 25 |

El cálculo se realizará por medio de software tales como: Dialux, Relux, AGI32, Oxytech u otro similar. Para más detalles ver el Apéndice 14.

Se deben considerar las reflectancias señaladas en la sección 5 Reflectancias para elementos interiores, de este apéndice.

## 2. Iluminancias mínimas por tipo de recinto

Iluminación en lugares de trabajo para interiores, tareas y actividades, según el pliego técnico normativo RIC N°10. (Véase 5.3 UNE-EN 12464-1). A continuación, se presentan las exigencias lumínicas por tipo de actividad. Se seleccionaron los recintos que comúnmente se utilizan en la certificación. En caso de que el tipo de recinto no aparezca en las tablas, como los relacionados a actividades industriales podrá revisar el pliego técnico Ric n°10.

### 1. Zona de tráfico y áreas comunes dentro de edificios

### 1.1. Zonas de tráfico

| Tipo actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Áreas de circulación y pasillos | 100 | 28 | 0,40 | 40 | • Iluminancia al nivel del suelo<br>• Ra y UGR similares a áreas adyacentes<br>• 150 lux si hay vehículos en el recorrido<br>• El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche<br>• Debería tenerse cuidado para<br>• Evitar el deslumbramiento de conductores y peatones |

| Tipo actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras | 150 | 25 | 0,40 | 40 | Requiere contraste mejorado sobre los escalones |
| Ascensores, montacargas | 100 | 25 | 0,40 | 40 | El nivel de iluminación en frente del montacargas debería ser al menos Em=200 lux |
| Rampas/tramos de carga | 150 | 25 | 0,40 | 40 | |

**1.2. Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios**

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Cantinas, despensas | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Salas de descanso | 100 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Salas para ejercicio físico | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios | 200 | 25 | 0,40 | 80 | En cada baño individual si está completamente cerrado |
| Enfermería | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Salas para atención médica | 500 | 16 | 0,60 | 90 | 4 000 K ≤ TCP ≤ 5 000 K |

**1.3. Salas de control**

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas de material, salas de mecanismos | 200 | 25 | 0,40 | 60 | |
| Sala de fax, correos, cuadro de contadores | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |

**1.4. Salas de almacenamiento, almacenes fríos**

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Almacenes y cuarto de almacén | 100 | 25 | 0,40 | 60 | 200 lux si está ocupado en continuo |
| Áreas de manipulación de paquetes y de expedición | 300 | 25 | 0,60 | 60 | |

### 1.5. Áreas de almacenamiento con estanterías

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Pasillos: sin guarnecer | 20 | - | 0,40 | 40 | Iluminancia a nivel del suelo |
| Pasillos: guarnecidos | 150 | 22 | 0,40 | 60 | Iluminancia a nivel del suelo |
| Estaciones de control | 150 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Cara de la estantería de almacenamiento | 200 | - | 0,40 | 60 | Iluminancia vertical, puede utilizarse iluminación móvil |

### 1.6. Oficinas

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Archivos, copias, etc. | 300 | 19 | 0,40 | 80 | |
| Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos | 500 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |
| Dibujo técnico | 750 | 16 | 0,70 | 80 | |
| Puestos de trabajo de CAD | 500 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |
| Salas de conferencias y reuniones | 500 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debería ser controlable |
| Mostrador de recepción | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Archivos | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |

## 2. Establecimientos minoristas

### 2.1. Establecimiento minoristas

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Área de ventas | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Área de cajas | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Mesa de envolver | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |

## 3. Lugares de pública concurrencia

### 3.1. Áreas comunes

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Hall de entrada | 100 | 22 | 0,40 | 80 | UGR solo si es aceptable |
| Guardarropas | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |
| Salones | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Oficinas de taquillas | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |

### 3.2. Restaurantes y hoteles

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Recepción/caja, conserjería | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Cocinas | 500 | 22 | 0,60 | 80 | Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante |
| Restaurante, comedor, salas de reuniones | - | - | - | 80 | El alumbrado debería ser diseñado para crear la atmosfera apropiada |
| Restaurante auto-servicio | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Buffet | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Sala de conferencias | 500 | 19 | 0,60 | 80 | El alumbrado debería ser controlable |
| Pasillos | 100 | 25 | 0,40 | 80 | Durante la noche son aceptables niveles inferiores |

### 3.3. Teatros, salas de conciertos, salas de cines

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas de ensayos | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Camerinos | 300 | 22 | 0,60 | 90 | La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramientos |
| Áreas de asientos – mantenimiento, limpieza | 200 | 22 | 0,50 | 80 | Iluminación a nivel del suelo |
| Área del escenario - jarcias | 300 | 25 | 0,40 | 80 | Iluminación a nivel del suelo |

### 3.4. Ferias, pabellones de exposiciones

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 300 | 22 | 0,40 | 80 | |

### 3.5. Museos

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Obras exhibidas insensibles a la luz | | | | | La iluminación es determinada por los requisitos de presentación |
| Obras exhibidas sensibles a la luz | | | | | • La iluminación es determinada por los requisitos de presentación<br>• 2Es imprescindible la protección contra radiación dañina |

### 3.6. Biblioteca

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Estanterías | 200 | 19 | 0,40 | 80 | |
| Área de lectura | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Mostrador | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |

### 3.7. Aparcamientos de vehículos público (interior)

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Rampas de acceso/salida (de día) | 300 | 25 | 0,40 | 40 | • Iluminancias a nivel de suelo<br>• Se deben reconocer los colores de seguridad |
| Rampas de acceso/salida (de noche) | 75 | 25 | 0,40 | 40 | • Iluminancias a nivel de suelo<br>• Se deben reconocer los colores de seguridad |
| Calles de circulación | 75 | 25 | 0,40 | 40 | • Iluminancias a nivel de suelo<br>• Se deben reconocer los colores de seguridad |
| Áreas de aparcamiento | 75 | - | 0,40 | 40 | • Iluminancias a nivel de suelo<br>• Se deben reconocer los colores de seguridad<br>• Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y, por ello, la sensación de seguridad |
| Caja | 300 | 19 | 0,60 | 80 | • Deben evitarse los reflejos en las ventanas<br>• Debe prevenirse el deslumbramiento desde e l exterior |

## 4. Lugares de pública concurrencia

### 4.1. Jardines infantiles, guarderías

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Sala de juegos | 300 | 22 | 0,40 | 80 | Deberán evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas |
| Guardería | 300 | 22 | 0,40 | 80 | Deberán evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas |
| Sala de manualidades | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |

### 4.2. Edificios educativos

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Aulas, aulas de tutoría | 300 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debe ser controlable |
| Aulas para clases nocturnas y educación de adultos | 500 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debe ser controlable |
| Auditorium, sala de lectura | 500 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debe ser controlable para colocar varias A/V necesarias |
| Pizarras negras, verdes y blancas | 500 | 19 | 0,70 | 80 | Deben evitarse reflexiones especulares<br>El presentador/profesor debe iluminarse con la iluminancia vertical adecuada |
| Mesa de demostraciones | 500 | 19 | 0,70 | 80 | En salas de lectura 750 lux |
| Aulas de arte | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Aulas de arte en escuelas de arte | 750 | 19 | 0,70 | 90 | 5000 K ≤ TCP ≤ 6500 K |
| Aulas de dibujo técnico | 750 | 16 | 0,70 | 80 | |
| Aulas de prácticas y laboratorios | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Aulas de manualidades | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Talleres de enseñanza | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Aulas de prácticas de música | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Aulas de prácticas de informática | 300 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |
| Laboratorio de lenguas | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Aulas de preparación y talleres | 500 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Hall o vestíbulo de entrada | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Áreas de circulación, pasillos | 100 | 25 | 0,40 | 80 | |
| Escaleras | 150 | 25 | 0,40 | 80 | |
| Aulas comunes de estudio y aulas de reunión | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Sala de profesores | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Biblioteca: estanterías | 200 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Biblioteca: salas de lectura | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Almacenes de material de profesores | 100 | 25 | 0,40 | 80 | |
| Salas de deportes, gimnasios, piscinas | 300 | 22 | 0,60 | 80 | Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la norma UNE-EN 12193 |
| Cantinas escolares | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Cocina | 500 | 22 | 0,60 | 80 | |

## 5. Establecimientos sanitarios

### 5.1. Salas para uso general

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas de espera | 200 | 22 | 0,40 | 80 | Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes |
| Pasillos: durante el día | 100 | 22 | 0,40 | 80 | Iluminancias a nivel del suelo |
| Pasillos: limpieza | 100 | 22 | 0,40 | | Iluminancias a nivel del suelo |
| Pasillos: durante la noche | 50 | 22 | 0,40 | 80 | Iluminancias a nivel del suelo |
| Pasillos con usos múltiples | 200 | 22 | 0,60 | 80 | Iluminancias a nivel del suelo |
| Salas de día | 200 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Montacargas, ascensores para personas y visitantes | 100 | 22 | 0,60 | 80 | Iluminancias a nivel del suelo |
| Ascensores de servicio | 200 | 22 | 0,60 | 80 | Iluminancias a nivel del suelo |

### 5.2. Salas de personal

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficina de personal | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Salas de personal | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |

### 5.3. Salas de guardia, salas de maternidad

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 100 | 19 | 0,40 | 80 | Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes |
| Alumbrado de lectura | 300 | 19 | 0,70 | 80 | Iluminancia a nivel del suelo |
| Exámenes simples | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Examen y tratamiento | 1000 | 19 | 0,70 | 90 | |
| Alumbrado nocturno, alumbrado de observación | 5 | - | - | 80 | |
| Cuartos de baño y servicio para pacientes | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |

### 5.4. Salas de examen (general)

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 500 | 19 | 0,60 | 90 | 4000 K ≤ TCP ≤ 5000 K |
| Examen y tratamiento | 1000 | 19 | 0,70 | 90 | |

### 5.5. Salas de examen ocular

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 500 | 19 | 0,60 | 90 | 4000 K ≤ TCP ≤ 5000 K |
| Examen ocular externo | 1000 | - | - | 90 | |
| Pruebas de lectura y visión cromática con diagramas de visión | 500 | 16 | 0,70 | 90 | |

### 5.6. Salas de examen auditivo

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 300 | 19 | 0,60 | 90 | |
| Examen auditivo | 1000 | - | - | 90 | |

### 5.7. Salas de escáner

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Escáneres con mejoradores de imágenes y sistemas de TV | 50 | 19 | - | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |

### 5.8. Salas de parto

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Examen y tratamiento | 1000 | 19 | 0,70 | 80 | |

### 5.9. Salas de tratamiento (general)

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Diálisis | 500 | 19 | 0,60 | 80 | La iluminación debe ser controlable |
| Dermatología | 500 | 19 | 0,60 | 90 | |
| Salas de endoscopia | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Salas de yesos | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Baños médicos | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Masajes y radioterapia | 300 | 19 | 0,60 | 80 | |

### 5.10. Áreas de operación

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas preoperatorias y de recuperación | 500 | 19 | 0,60 | 90 | |
| Salas de operación | 1000 | 19 | 0,60 | 90 | |
| Quirófano | | | | | Ēm: 10.000 a 100.000 lux |

### 5.11. Unidad de cuidados intensivos

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 100 | 19 | 0,60 | 90 | Iluminancia a nivel del suelo |
| Exámenes simples | 300 | 19 | 0,60 | 90 | Iluminancia a nivel de cama |
| Examen y tratamiento | 1000 | 19 | 0,70 | 90 | Iluminancia a nivel de cama |
| Vigilancia nocturna | 20 | 19 | - | 90 | |

### 5.12. Dentistas

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 500 | 19 | 0,60 | 90 | La iluminación debe estar libre de deslumbramiento para el paciente |
| En el paciente | 1000 | - | 0,70 | 90 | |
| Quirófano | - | - | - | - | En la norma UNE-EN ISO 9680 se dan requisitos específicos |
| Comparación del blanco dental | - | - | - | - | En la norma UNE-EN ISO 9680 se dan requisitos específicos |

### 5.13. Laboratorios y farmacias

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 500 | 19 | 0,60 | 80 | |
| Inspección de colores | 1000 | 19 | 0,70 | 90 | 6000 K ≤ TCP ≤ 6500 K |

### 5.14. Salas de descontaminación

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas de esterilización | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Salas de desinfección | 300 | 22 | 0,60 | 80 | |

### 5.15. Salas de autopsias y depósitos mortuorios

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Alumbrado general | 500 | 19 | 0,60 | 90 | |
| Mesa de autopsia y mesa de disección | 5000 | - | - | 90 | Pueden ser necesarios valores mayores de 5 000 lux |

## 6. Áreas de transportes

### 6.1. Aeropuertos

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Salas de llegada y salida, áreas de recogida de equipajes | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Áreas de conexión | 150 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Mostradores de información, facturación | 500 | 19 | 0,70 | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |
| Aduanas y mostradores de control de pasaportes | 500 | 19 | 0,70 | 80 | Tiene que proporcionarse reconocimiento facial |
| Áreas de espera | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Salas de consigna | 200 | 25 | 0,40 | 80 | |
| Áreas de control y seguridad | 300 | 19 | 0,60 | 80 | Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1 |
| Torre de control de tráfico aéreo | 500 | 16 | 0,60 | 80 | • La iluminación debe ser regulable<br>• Trabajo en EPV: véase el apartado 4.9 de UNE-EN 12464-1<br>• Se debe evitar el deslumbramiento de luz diurna<br>• Deben evitarse reflejos en<br>• ventanas, especialmente de noche |
| Hangares de reparación y ensayo | 500 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Áreas de ensayo de motores | 500 | 22 | 0,60 | 80 | |
| Áreas de medición en hangares | 500 | 22 | 0,60 | 80 | |

### 6.2. Instalaciones ferroviarias

| Tipo de interior, tarea y actividad | Ēm Lux | UGRL | U0 | Ra | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Andenes completamente cubiertos, número pequeño de pasajeros | 100 | - | 0,40 | 40 | • Prestar especial atención al borde la plataforma<br>• Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos<br>• Iluminancia a nivel del suelo |
| Andenes completamente cubiertos, número grande de pasajeros | 200 | - | 0,50 | 60 | • Prestar especial atención al borde la plataforma<br>• Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos<br>• Iluminancia a nivel del suelo |
| Pasos subterráneos de pasajeros, número pequeño de pasajeros | 50 | 28 | 0,50 | 40 | Iluminancia a nivel de suelo |
| Pasos subterráneos de pasajeros, número grande de pasajeros | 100 | 28 | 0,50 | 40 | Iluminancia a nivel de suelo |
| Sala de taquillas y vestíbulo | 200 | 28 | 0,50 | 40 | |
| Oficina de billetes, de equipajes y contadores | 300 | 19 | 0,50 | 80 | |
| Salas de espera | 200 | 22 | 0,40 | 80 | |
| Hall de entrada, hall de estación | 200 | - | 0,40 | 80 | |
| Salas de contadores y máquinas | 200 | 28 | 0,40 | 60 | Los colores de seguridad deben ser reconocibles |
| Túneles de acceso | 50 | - | 0,40 | 20 | Iluminancia a nivel de suelo |
| Naves de mantenimiento y servicio | 300 | 22 | 0,50 | 60 | |

## 7. Potencia Instalada. Cálculo de la potencia instalada de referencia.

### Opción A: Potencias instaladas uso del edificio.

Multiplicar la superficie útil del edificio por la potencia indicada para el tipo de uso indicado en la Tabla 39. No se permitirá homologar potencias a tipos de uso que no aparezcan en la Tabla 39.

**Tabla 13.1: Requerimientos de eficiencia energética para iluminación interior**.

| Requerimientos de eficiencia energética para iluminación interior | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de uso** | **Potencia w/m²** | **Tipo de uso** | **Potencia w/m²** |
| Centro de convención | 13 | Hospital | 13 |
| Cafetería | 15 | Hotel | 11 |
| Comercio | 16 | Librería | 14 |
| Consultorio | 11 | Museo | 12 |
| Educación | 13 | Oficina | 11 |
| Estadios | 12 | Penitenciaria | 11 |
| Estacionamiento cerrado | 3 | Teatro | 17 |
| Gimnasio | 12 | Policía / bomberos | 11 |
| Habitación | 11 | Transporte | 11 |

Fuente: Adaptación de la tabla 9.5.1 del estándar Ashrae 90.1-2007

## Opción B: Potencias instaladas por tipo de recinto

Seguir los siguientes pasos:

a. Sumar la superficie (m²) útil por tipo de uso interno del edificio (programa de uso).
b. Multiplicar la superficie (m²) de cada tipo de uso por los w/m² correspondientes indicados en la Tabla 40.
c. Sumar las la potencias (w) resultantes del paso anterior. El resultado será la potencia instalada de referencia en el interior del edificio.

Densidades de potencia de Iluminación, según el método de espacio por espacio.

| Densidades de potencia de Iluminación, según el método de espacio por espacio | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tipos de espacio común** | | **w/m²** | **Edificio - Tipos Espacio Específico** | | **w/m²** |
| Oficina individual | | 12 | Gimnasio | Área de juegos | 15 |
| Oficinas en planta abierta | | 12 | | Área de Ejercicio | 10 |
| Sala de conferencia, reuniones o Multipropósito | | 14 | Juzgado / Comisaría / Centro penal Celdas de aislamiento | Sala de audiencias | 20 |
| | | | | 10 | |
| Aula / Conferencia / Formación | | 15 | | Salas de jueces | 14 |
| Lobby | Lobby genérico | 14 | Estación Bomberos | Sala de máquinas | 9 |
| | Para Hotel | 12 | | Salas de descanso | 3 |
| | Para Artes escénicas Teatro | 36 | Oficina de Correos- Área de Clasificación | | 13 |
| | Para Cine | 12 | Centro Convenciones-Espacio de exposición | | 14 |

**Densidades de potencia de Iluminación, según el método de espacio por espacio**

| Tipos de espacio común | | w/m² | Edificio - Tipos Espacio Específico | | w/m² |
|---|---|---|---|---|---|
| zona de asientos para Público | Zona de asientos genérica | 10 | Biblioteca | Archivo tarjetas y catalogación | 12 |
| | Para Gimnasio | 4 | | Pilas | 18 |
| | Para Centro de Ejercicio | 3 | | Área de Lectura | 13 |
| | Para Centro de convenciones | 8 | Hospital | Emergencia | 29 |
| | Para Penitenciaría | 8 | | Recuperación | 9 |
| | Para edificios religiosos | 18 | | Estación de Enfermería | 11 |
| | Para arena deportiva | 4 | | Exámenes / Tratamiento | 16 |
| | Para Artes Escénicas Teatro | 28 | | Farmacia | 13 |
| | Para cine | 13 | | Habitaciones de pacientes | 8 |
| | Para Transporte | 5 | | Sala de Operaciones | 24 |
| Atrio - Primeros Tres Pisos | | 6 | | Sala recién nacido | 6 |
| Atrio –Sumar por cada piso adicional | | 2 | | Suministros médicos | 15 |
| Salón / Recreación | | 13 | | Terapia Física | 10 |
| Para el Hospital | | 9 | | Radiología | 4 |
| Comedor | Comedor genérico | 10 | | Lavandería | 6 |
| | Para Motel | 14 | Servicio Automotriz / Reparación | | 8 |
| | Para Hotel | 14 | Fabricación | Sala de trabajo <7,5m Altura de piso a techo | 13 |
| | Para bar Salón / Ocio Gastronomía | 13 | | Sala de trabajo ≥ 7,5m Altura de piso a techo | 18 |
| | Para Penitenciaria | 15 | | Manufactura detallada | 23 |
| | Para Comedor familiar | 23 | | Sala de equipamiento | 13 |
| Preparación de Alimentos | | 13 | | Sala de Control | 5 |
| Laboratorio | | 15 | Hotel / Habitaciones de huéspedes | | 12 |
| Baños | | 10 | Dormitorio - lugares habitables | | 12 |
| Armario / Probador | | 6 | Museo | Exposición General | 11 |
| Corredor | Corredor / Transición | 5 | | Restauración | 18 |
| | Para Hospital | 11 | Banco/Oficina - Área de Actividad Bancaria | | 16 |
| | Para espacios de manufactura | 5 | Edificios religiosos | Púlpito, Coro | 26 |
| Escaleras - Activo | | 6 | | Sala comunitaria | 10 |
| Almacenamiento con alta circulación | | 9 | Retail | Área de Ventas | 18 |
| Almacenamiento alta circulación Hospital | | 10 | | Centro Comercial Pasillo | 18 |
| Almacenamiento baja circulación | | 3 | Arena deportiva | Área Anillo Deportes | 29 |
| Almacenamiento baja circulación Museo | | 9 | | Área Deportes con Cancha exterior | 25 |
| Eléctrico / mecánico | | 16 | | Área de juego interior | 15 |

| Densidades de potencia de Iluminación, según el método de espacio por espacio | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tipos de espacio común** | **w/m²** | **Edificio - Tipos Espacio Específico** | | **w/m²** |
| Taller | 20 | Bodega industrial | Almacenamiento materiales Finos | 15 |
| Área de Ventas | 18 | | Almacenamiento de materiales Medianos o voluminosos | 10 |
| Transporte | | Área de estacionamiento | | 2 |
| Vestíbulo Aeropuerto | | 6 | | |
| Área de equipaje | | 11 | | |
| Terminal - Venta de pasajes | | 16 | | |

Fuente: Adaptación de la tabla 9.6.1 del estándar Ashrae 90.1-2007

## 8. Ajustes de la potencia instalada o consumo de energía por sistema de control

### 8.1 Control horario programable y/o de presencia

En el caso de sistemas de control horario programable y/o de presencia, la potencia instalada de iluminación artificial podrá reducir en los porcentajes indicados en la siguiente tabla.

Densidades de potencia de Iluminación, según el método de espacio por espacio.

| Tipo de sistema de control | Edificio de superficie útil ≤ 460 m² y operación no continua las 24 horas | Otros edificios |
|---|---|---|
| Control horario programable | 10% | 0% |
| Detector de presencia | 15% | 10% |
| Detector de presencia y control horario programable | 15% | 10% |

Fuente: Según tabla G.3.2 del estándar Ashrae 90.1-2007

### 5.2 Control mediante fotoceldas

En el caso de sistemas de control con fotoceldas que permiten balance automático del sistema de iluminación en base al aporte de luz natural, la reducción de la potencia instalada declarada deberá justificarse en base a una de las siguientes alternativas:

a. Modelando el efecto del sistema de control directamente en el modelo de demanda y consumo de energía, y luego entregando el reporte del programa de simulación.
b. Calculando en forma previa en programa especializado la reducción del horario de uso del sistema de iluminación, homologando posteriormente en términos porcentuales la reducción de horas de uso a la reducción de la potencia instalada.
c. En base a mediciones realizadas en un edificio existente o recinto experimental.

## 9. Recomendaciones de potencia instalada para espacios exteriores del edificio.

Requerimientos de eficiencia energética para iluminación exterior.

| | | |
|---|---|---|
| Estacionamientos descubiertos | | 1,6 W/m² |
| Exteriores descubiertos | General | 2,2 W/m² |
| | Calzadas < 3 mt ancho | 3,3 W/ml |
| | Escaleras | 10,8 W/m² |
| Entradas y salidas de edificio | Principales | 98 W/ml |
| | Otras puertas | 66 W/ml |
| Canopies, voladizos | | 13,5 W/m² |
| Fachadas de edificio | | 2,2 W/m² o 16,4 W/ml |
| Accesos con inspección, áreas descubiertas para carga | | 5,4 W/m² |

Fuente: Adaptación de la tabla 9.4.5 del estándar Ashrae 90.1-2007.

## 10. Reflectancia para elementos interiores.

Valores estándar de reflectancia para elementos interiores

| Elemento Interior | Factor de reflectancia |
|---|---|
| Cielo | 0,7 |
| Paredes | 0,5 |
| Suelo | 0,2 |
| Mobiliario | 0,35 |

Valores estándar de reflectancia para terminaciones interiores

| Terminación Interior | Factor de reflectancia |
|---|---|
| Papel blanco | 0,8 |
| Acero inoxidable | 0,4 |
| Pavimento de cemento | 0,4 |
| Alfombra (crema) | 0.35 |
| Alfombra (colores oscuros) | 0.35 |
| Madera (clara) | 0.4 |
| Madera (colores medios) | 0.2 |
| Madera (roble oscuro) | 0.1 |
| Baldosas de cantera | 0.1 |
| Cristales de ventana | 0.1 |

Fuente: Adaptación de la tabla 1 CIBSE Lighting Guide 7.

## 11. Cálculo del deslumbramiento índice DGP.

El cálculo del índice de probabilidad de deslumbramiento DGP se determina por medio de software especializado en iluminación. El *Daylighting Glare Probability* (DPG), se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} \times E_v + 9.18 \times 10^{-2} \times \log\left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \times w_{s,i}}{E_v^{1,87} \times P_i^2}\right) + 0.16$$

Donde:
$E_V$ = Iluminancia vertical en el ojo [lux]
$E_S$ = Iluminancia de la fuente [cd/m$^2$]
$W_S$ = Ángulo sólido de la fuente [sr]
$p$ = Posición del observador [-]

# Apéndice 15: Características de programas especializados de simulación de Energías Renovables e Iluminación Artificial

## 1. Programas informáticos de cálculo de Energía Renovable No Convencional

| Nombre del programa | Alcance | Interfaz y motor | Base de datos | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| RETscreen | Permite evaluar la producción y el ahorro energéticos, los costes, la reducción de emisiones, la viabilidad financiera y el riesgo de varios tipos de Tecnologías de energías Renovables y eficiencia Energética<br>Aplica a proyectos de pequeña y gran escala<br>Proyectos nuevos o existentes<br>Simultáneamente proyectos de eficiencia energética, cogeneración y ER en el mismo análisis<br>Posibilidad de manejo de escenarios para el mismo proyecto (sensibilidad) | Se basa en Microsoft Excel<br>Programa y base de datos disponibles en 35 | Posee extensa base de datos climáticos | SI |
| SAM Nrel | Realiza predicciones de desempeño y estimaciones de costo de energía para proyectos de red de energía basándose en costos de operación e instalación así como otros inputs ingresados por el usuario.<br><br>Realiza simulaciones entregando resultados para generar un proceso iterativo.<br><br>Permite la creación de modelos de desempeño para diversas tecnologías, tales como sistemas fotovoltaicos, concentración parabólica de energía solar, concentración lineal Fresnel de poder solar, alta y baja energía eólica y energía de biomasa entre otros.<br>Permite comparación de casos dentro del mismo archivo<br>Incluye diversos modelos financieros | Interfaz simple permite el fácil ingreso de información, incluso para usuarios sin experiencia con modelos computacionales<br>Se basa en TRNSYS | Se debe seleccionar, ingresar o crear la data de clima. | SI |

| Nombre del programa | Alcance | Interfaz y motor | Base de datos | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| TRNSYS | Permite simulación de desempeño y costo energético en proyectos.<br>Permite análisis que dependan del paso del tiempo<br>Aplicación en sistemas de energía solar, baja calefacción y ventilación, energías renovables y cogeneración entre otros.<br>Software abierto | Estructura modular: usuario ingresa los componentes de los proyectos y la relación entre ellos.<br>Dada su estructura permite una mayor flexibilidad<br>Permite el uso de modelos 3D | Posee amplia base de datos de componentes comúnmente usados en proyectos energéticos.<br>Permite crear componentes DLL | NO |
| TRANSOL | Permite el diseño, el cálculo y la optimización de sistemas solares térmicos<br>Permite calcular una gran variedad de configuraciones de sistemas solares térmicos para Agua Caliente Sanitaria, calefacción, piscinas e incorpora también sistemas de refrigeración solar y aplicaciones para procesos industriales.<br>Los resultados de las simulaciones se presentan en detallados informes de MS EXCEL que incluyen información general del sistema, información sobre la demanda, balance del sistema, eficiencia, análisis de pérdidas y consumos parásitos del sistema. | Se basa en TRNSYS | Incorpora una extensa base de referencias climáticas y un sistema de interpolación de datos que permite simular el comportamiento de un sistema solar térmico en cualquier punto del mundo | NO |

## 2. Programa Informático de cálculo de iluminación artificial.

| Nombre del Programa | Alcances y cálculos | Interfaz y motor | Input y resultados | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| Dialux | Luz diurna: cálculo y visualización perfectos.<br><br>Escenas luminosas: diseño, proyecto y documentación realistas.<br><br>Iluminación de emergencia: según la EN 1838, simple posicionamiento del número exacto de los cuerpos iluminantes a lo largo de las vías de fuga y de las zonas antipánico.<br><br>Color: proyecto con filtros de colores, fuentes luminosas y materiales de colores.<br><br>Realismo fotográfico: gracias al módulo de Ray-Tracing integrado.<br><br>Colores falseados: los colores falseados facilitan con un vistazo un análisis cualitativo en el caso de geometrías complejas.<br><br>Elementos inteligentes: las lámparas de pared se colocan correctamente de manera automática y el ordenador está siempre encima de la mesa. | Cálculo: con el sistema en Radiosity, rápido y cuidadoso siempre.<br><br>Visualización interactiva 3-D: es suficiente “pasear” por el interior del local.<br><br>Film: moviéndose por el interior de la vista realista del proyecto es posible guardar una película que enviar por correo electrónico a los propios clientes.<br><br>Vista: realista gracias al uso de muebles y texturas.<br><br>Guías: ayudan paso a paso gracias a preguntas específicas sobre el proyecto.<br><br>Drag and drop: muebles superficies (Texture) y cuerpos iluminantes se insieren en el local de manera sencilla y rápida. | Interacción: importación y exportación: archivos .dwg y .dxf se pueden importar y a continuación exportar una vez realizado el proyecto junto con los resultados.<br><br>Importación 3-D: posibilidad de inserir edificios completos como objetos 3-D.<br><br>Dialux Light: la manera más sencilla de proyectar “paso a paso”.<br><br>Resultados: los resultados se pueden imprimir o enviar como archivo .pdf. Todas las vistas y todos los rendering pueden guardarse como archivos. jpg. | Si |

| Nombre del Programa | Alcances y cálculos | Interfaz y motor | Input y resultados | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| Relux | Funciones de programa<br>Modelador 2D/3D con funciones boolean<br>Asistente Easylux para edición exprés<br>Banco de datos de luces, lámparas y sensores con más de 300.000 productos<br>Biblioteca de materiales, texturas y mobiliario<br>Simulación de las áreas de captura del sensor en 2D/3D<br>Análisis de rentabilidad<br>Análisis del efecto de la luz de día con diagramas ISO-LUX<br>Rentabilidad del control de la luz de día.<br>Luz dinámica con ReluxVivaldi<br>Módulo de oferta de simulación reglamentaria<br>Equipos de interior y exterior según EN 12464<br>Iluminación de emergencia según EN 1838<br>Calles según EN 13201<br>Lugares para practicar deporte según FIFA<br>Luz día según CIE<br>Constancias de consumo energía<br>Ambientes, zonas, pisos, objetos según normas EN15193 y DIN18599 | Simulación de luminarias en 2D/3D con el procedimiento Radiosity<br>Visualizador (renderer) con el procedimiento Raytracing para imágenes perfectas<br>Moviemaker y presentación 3DStereo<br>Generación de diagramas de isolíneas, pseudo color y distribución de luz 3D | Importación:<br>DXF, DWG para 2D<br>DXF, 3DS, WRL para 3D<br>JPG, PNG, WMP imágenes<br>Exportación:<br>DXF, DWG para escenas<br>HDR para simulaciones<br>XLS para listas<br>AVI, JPEG, BMP películas<br>Diagrama de la altitud solar<br>Director de edición con generador integrado de archivos PDF | Hay versión gratuita y otra pagada |

| Nombre del Programa | Alcances y cálculos | Interfaz y motor | Input y resultados | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| AGI32 | Exterior (general): Iluminancia (fc or lux) Horizontal, Vertical, excitación luminosa variable (lm/sq ft or lm/sq m) desde superficies, Densidad de potencia luminosa(watts/ sq ft) , Luminosidad (cd/m2) en pseudocolores, entre otros<br>Interior: Iluminancia (fc or lux) Horizontal, Vertical, excitación luminosa variable (lm/sq ft or lm/sq m),densidad de potencia luminosa (watts/ sq ft), clasificación de brillo unificado, luminancia(cd/m2) en pseudocolores, entre otros<br>Vial: Exterior (general): Iluminancia (fc or lux) Horizontal, Vertical, excitación luminosa variable (lm/sq ft or lm/sq m), Iluminación de pavimento (cd/m2) y cantidades asociadas para IES, CIE y los métodos AS/NZ, entre otros<br>Luz de día: Iluminancia (fc or lux) Horizontal, Vertical, excitación luminosa variable (lm/sq ft or lm/sq m), modelos de cielo IES y CIE, factor de luz de día (DF), criterio LEED, luminosidad(cd/m2) en pseudocolores, entre otros | Modelo directo de estructuras complejas en AGi32<br>Permite asignar superficies y terminaciones<br>Incluye biblioteca de modelos y datos realistas<br>Modelos pueden explorarse de forma interactiva sin recalcular<br>Define recorrido de rayos de luz de manera fotorrealista<br>Genera películas y animaciones | AGi32 importa y exporta los formatos DWG y DXF formats usando el toolkit Autodesk RealDWG®<br><br>Cálculos se pueden exportar a DWG y DXF para ser integrados a archivos CAD<br>Capturas y modelos pueden generarse como JPG o BMP o a mundos interactivos (VRML)<br>Genera documentos .txt y pdf | NO |

| Nombre del Programa | Alcances y cálculos | Interfaz y motor | Input y resultados | Gratuito |
|---|---|---|---|---|
| Oxytech, LITESTAR 4D | Proyecto luminotécnico - Gestión ficheros 2D 3D – Rendering<br>Iluminación de interiores - EN 12464:<br>Proyecto de interiores guiado<br>Proyecto de interiores avanzado (libre)<br><br>Disposición libre de las luminarias<br><br>Disposición automática de las luminarias (método flujo total)<br>Cálculo del deslumbramiento (UGR - VCP)<br>Iluminación de emergencia - EN 1838<br>Iluminación de viales - EN 13201 - UNI 11248 - UNI 10819<br>Iluminación de estructuras deportivas - EN 12193 - FIFA 2011<br>Iluminación de túneles - UNI 11095<br>Rendering en tiempo real, Ray-Tracing 640x480 px, Ray-Tracing hasta una resolución de 640x480 ... HD<br>Gestión de fotometrías<br>Funciones de elaboración de ficheros fotométricos | Gestión de mobiliario y objetos<br>Gestión de mobiliario y objetos Drag&Drop (Arrastrar y Soltar) del WebCatalog del fabricante<br>Búsqueda de productos en diagrama de árbol en 3 niveles configurables (Búsqueda en Diagrama Árbol)<br>Catálogo electrónico interactivo por Internet<br>Visualización de fotometrías en 3D<br>Catálogo electrónico interactivo | Importación ficheros 2D (Dxf) y 3D (3DS y Obj)<br>Importación del Plug-in de datos de los fabricantes<br>Importación flcheros OXL-LDT-IES con Drag&Drop (Arrastrar y Soltar)<br>Importación de ficheros LDT - IES 86-91-95-01 - Cibse TM14 - CIE102 – LTLI<br>Exportación de ficheros LDT - IES 86-91-95-01 - Cibse TM14 - CIE102 – LTLI<br>Almacenaje de tablas en fichero de texto Txt<br>Almacenaje de gráficos en fichero raster (BMP-JPG-PCX-PNG-TGA) | |

# Apéndice 16: Hoja de cálculo tipo para carga térmica

| Hoja de cálculo de la carga térmica de refrigeración | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Datos generales | | | | | |
| Superficie de local | | m² | Tipo de local | | |
| Ocupación | | Personas | | | |
| Ventilación | | | | Persona = | m³/h |
| Infiltraciones | | m³/h | | | |
| Temperatura exterior | | °C | | | |
| Humedad relativa exterior | | % | Humedad absoluta exterior | | g/kg |
| Temperatura interior | | °C | | | |
| Humedad relativa interior | | % | Humedad absoluta interior | | g/kg |
| Diferencia temperaturas | | °C | Diferencia humedad absoluta | | g/kg |
| Mes de cálculo | | | | | |
| Hora solar de cálculo | | | | | |
| Localidad | | | Latitud | | |
| Oscilación térmica diaria | | °C | | | |
| | | | | | |
| luminación | Fluorescente | | | | |
| | | W | | | |
| | Incandescente | | | | |
| | | | | | |

## Radiación solar

| | Superficie (m ²) | Radiación unitaria W/m² | Factores de atenuación | Resultado |
|---|---|---|---|---|
| Ventana N | | X | X | |
| Ventana E | | X | X | |
| Ventana | | X | X | |
| Ventana | | X | X | |
| Ventana | | X | X | |
| Claraboya | | x | X | |

## Radiación y transmisión (paredes exteriores y techo)

| | Superficie (m²) | Transmitancia térmica W/m²K | Δt (°C) | Resultado |
|---|---|---|---|---|
| Pared N | X | X | | |
| Pared E | X | X | | |
| Pared | X | X | | |
| Pared | X | X | | |
| Techo | X | X | | |
| Techo | x | X | | |

## Transmisión (ventanas, paredes interiores y suelo)

| | Superficie (m²) | Transmitancia térmica W/m²K | Δt (°C) | Resultado |
|---|---|---|---|---|
| ventanas | X | X | | |
| Pared interior | X | X | | |
| Pared interior | X | X | | |
| Pared interior | X | X | | |
| Pared interior | X | X | | |
| Pared interior | x | X | | |
| Suelo | | | | |

## Infiltraciones

| | Caudal(m³) | Δt (°C) |
|---|---|---|
| Aire infiltraciones | | X |

## Ventilación

| | Caudal(m³) | Δt (°C) | Factor de bypass |
|---|---|---|---|
| Aire de ventilación | | X | X | X |

## Carga sensible interior

| | W | |
|---|---|---|
| Iluminación Incandescente | X | X |
| Iluminación Fluorescente | X | X |

| | Calor sensible por persona W | Número de personas |
|---|---|---|
| Personas | | X |
| Otras fuentes | | X |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Carga sensible efectiva parcial** | | | | |
| | | | | |
| **Factor de seguridad: 10%** | | | | |
| | | | | |
| **Carga sensible efectiva total (a)** | | | | |
| | | | | |
| **Carga latente** | | | | |
| | Caudal(m³) | | Δt (°C) | |
| Aire infiltración | | X | | X |
| | | | | |
| | Caudal(m³) | Δt (°C) | Factor de bypass | |
| Aire de ventilación | X | | X | X |
| | | | | |
| | Calor sensible por persona W | | Número de personas | |
| Personas | | | X | |
| | | | | |
| Otras fuentes | | | X | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| **Carga latente efectiva parcial** | | | | |
| | | | | |
| **Factor de seguridad: 10%** | | | | |
| | | | | |
| **Carga latente efectiva total (b)** | | | | |
| | | | | |
| **Carga efectiva total (a+b)** | | | | |

# Apéndice 17: Determinación de la energía primaria consumida

## 1. Determinación de la energía primaria, EPc

$$EPC = kWhdt + kWhde$$

Dónde:

- $kWhdt$ = kWh de energía primaria consumidos por demanda térmica en Calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS).
- $kWhde$ = kWh de energía primaria consumidos por demanda eléctrica en Climatización, Iluminación, Ventilación, Artefactos y Otros consumos

Para consumos por demanda térmica en Calefacción y ACS, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{kWh\ de\ demanda}{RE} * FEP\ combustible$$

Para consumos por demanda eléctrica en Climatización, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{kWh\ de\ demanda}{RE} * FEP\ electricidad$$

Para consumos por demanda eléctrica en Iluminación, Ventilación, Equipos y artefactos, Otros consumos, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{kWh\ de\ demanda}{FEP\ electricidad}$$

Dónde:

- $FEP$ = Factor de energía primaria del combustible[17] (ver Tabla 46)
- $RE$ = Rendimiento estacionario del equipo (ver Apéndice 8)

| Fuente de energía | FEP |
|---|---|
| Diésel | 1,1 |
| Gas Natural | 1,1 |
| Gas Licuado | 1,1 |
| Carbón | 1,1 |
| Pellets de Madera | 1,2 |
| Leña | 1,1 |
| Electricidad | 2 |
| ERNC in-situ | 0,0 |

Tabla 46 FEP para distintas fuentes de energía. Fuente: IIT y Fundación Chile

Para la estimación de las demandas de cada uno de los usos finales, se podrá utilizar tanto un cálculo mediante planilla como dinámico, en base a lo definido en el Apéndice 8.

17 Se define como: energía disponible a nivel domiciliario/energía primaria necesaria para obtener esa disponibilidad de energía a nivel domiciliario.

# Apéndice 18: Agua. Zonas de precipitación y niveles de reducción

En la Tabla 17.1 se observan las precipitaciones anuales para las ciudades representativas. De esta tabla se puede determinar que las precipitaciones varían bastantes no solo independiente de la zona climática sino de la zona geográfica. Se debe destacar que la ciudad representativa del clima no debe ser representativa de las precipitaciones de otras localidades de la misma zona climática. Por ejemplo, es el caso de Chillán que pertenece a la zona CI, pero posee una precipitación normal de 936 mm al año (más del triple de su ciudad representativa, Santiago).

Tabla 18.1: Precipitaciones anuales ciudades representativas por zona climática.

| Zona climática | Ciudad representativa | Estación meteorológica | Precipitaciones anuales (mm/ año) |
|---|---|---|---|
| NL - Norte Litoral | Antofagasta | 230001 | 4,4 |
| ND - Norte Desértica | Calama | 220002 | 6,8 |
| NVT - Norte Valles Transversales | Copiapó | 270008 | 11,9 |
| CL - Central Litoral | Valparaíso | 330007 | 523,9 |
| CI - Central Interior | Santiago | 330020 | 286,3 |
| SL (1) - Sur Litoral | Concepción | 360019 | 984,3 |
| SL (2) - Sur Litoral | Puerto Montt | 410005 | 1.565,6 |
| SI - Sur Interior | Temuco | 380029 | 1.026,3 |
| SE (1) - Sur Extremo | Coyhaique | 450004 | 1.023,1 |
| SE (2) - Sur Extremo | Punta Arenas | 520006 | 390,2 |
| An (1) - Andina | San Pedro de Atacama | 220024 | 66,5 |
| An (2) - Andina | Los libertadores | 320051 | 31,5 |
| An (3) - Andina | Termas de Chillán | 360042 | 993,7 |
| Juan Fernández | Juan Fernández | 330031 | 971,3 |
| Rapa Nui | Rapa Nui | 270001 | 1.129,8 |
| Antártica | Antártica | 950002 | 631,4 |

Fuente: Elaboración propia en base a dirección meteorológica de Chile

Debido a esta falta de relación entre las zonas climáticas y las zonas de precipitaciones se establece un nuevo concepto de zonas de precipitación, estas zonas de precipitación se distribuyen según la cantidad de agua caída normal durante un año según los datos de las estaciones de la Dirección Meteorológica de Chile, las que se agrupan en cuatro zonas de precipitación según la cantidad de agua caída, estas zonas se pueden observar en la Tabla.

En los niveles de reducción de agua en los requerimientos se dispone que las zonas con menores precipitaciones tengan un mayor porcentaje de ahorro de agua que las zonas con mayores precipitaciones.

Fuente de estudio de niveles de ahorro y precipitaciones: especialmente por la certificación BREEAM y la guía de ahorro de agua de los Términos de Referencia Estandarizados con parámetros de eficiencia energética y control ambiental del MOP (TDRe).

Tabla 18.2: zonas de precipitación y reducción de consumo

| Zona precipitación | Precipitaciones anuales (X) |
|---|---|
| I | 1.500 < X |
| II | 1.000 < X ≤ 1.500 |
| III | 500 < X ≤ 1.000 |
| IV | 100 < X ≤ 500 |
| V | X ≤ 100 |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla se puede observar la zona de precipitación a la que pertenece cada una de las ciudades representativas de la zona climática. Para la Antártica se aplica un caso especial debido a que posee pocas precipitaciones líquidas.

Tabla 18.3: Zonas de precipitación para ciudades representativas.

| Zona climática | Ciudad representativa | Precipitaciones anuales (mm/ año) | Zona de precipitación |
|---|---|---|---|
| NL - Norte Litoral | Antofagasta | 1,7 | V |
| ND - Norte Desértica | Calama | 6,4 | V |
| NVT - Norte Valles Transversales | Copiapó | 12 | V |
| CL - Central Litoral | Valparaíso | 372,5 | IV |
| CI - Central Interior | Santiago | 312,5 | IV |
| SL (1) - Sur Litoral | Concepción | 1.110.1 | II |
| SL (2) - Sur Litoral | Puerto Montt | 1.802,7 | I |
| SI - Sur Interior | Temuco | 1.157,4 | II |
| SE (1) - Sur Extremo | Coyhaique | 2.647,2 | I |
| SE (2) - Sur Extremo | Punta Arenas | 375,7 | IV |
| An (1) - Andina | San Pedro de Atacama | 39,3 | V |
| An (2) - Andina | Los libertadores | 25,6 | V |
| An (3) - Andina | Termas de Chillán | 1.388,2 | II |
| Juan Fernández | Juan Fernández | 971,3 | III |
| Rapa Nui | Rapa Nui | 1.147,2 | II |
| Antártica | Antártica | 797,2 | III |

Fuente: Elaboración propia en base a NCh1079-2019, INIA y DMC

# Apéndice 19: Agua. Cálculo de reducción de consumo

## 1. Identificar Usuarios

Para calcular la reducción de consumo de agua potable se deberá identificar usuarios de jornada completa a todos aquellos de los que se espere una ocupación del edificio de 30 horas semanales o más, de media jornada a aquellos de los que se espere una jornada de entre 10 y 30 horas semanales en el edificio, mientras que los usuarios de estadía temporal serán aquellos que utilicen el edificio menos de 10 horas semanales. Además, se deberá considerar a los pasajeros.

La frecuencia de utilización de los artefactos sanitarios para los distintos tipos de usuario según tipología de edificio se realiza en base a la experiencia de la oficina de proyectos de ingeniería FAIC, a las frecuencias actuales de la certificación CES v1.1 y a los siguientes documentos consultados desde la Biblioteca "National Medicine Library del National Institutes of Health" de Estados unidos:

- Voiding frequency in a sample of asymptomatic American men (2004).
- Defecation frequency and timing, and stool form in the general population: a prospective study (1992).
- Dysuria, Frequency, and Urgency (1990).
- Urinary frequency in community-dwelling women: What is normal? (2009).
- Assessment of normal bowel habits in the general adult population: the Popcol study (2010).

En base a las anteriores fuentes se desarrollan las frecuencias de utilización de artefactos sanitarios para terminales aeroportuarios y refugios las cuales se pueden observar en la Tabla 19.1 y 19.2 respectivamente.

El tipo y tiempo de ocupación del terminal no es relevante para este cálculo ya que es reemplazado por la variable jornadas (como se observa más adelante en la Ecuación 6 1) la cual indica el número de jornadas de 8 horas que poseen ese tipo de usuarios de manera anual.

Tabla 19.1: Usos diarios de artefactos sanitarios para tipología terminal.

| | Inodoro | Urinario | Lavamanos | Ducha | Lavaplatos |
|---|---|---|---|---|---|
| Jornada completa | 1 | 2,1 | 3 | 0,1 | 1 |
| Media jornada | 0,5 | 1,05 | 1,5 | 0,1 | 2,3 |
| Pasajeros embarques | 0,5 | 1,05 | 1,5 | 0 | 0,6 |
| Pasajeros arribos | 1 | 1,05 | 1,5 | 0 | 0 |
| Estadía temporal | 0,25 | 0,21 | 0,3 | 0 | 0,1 |

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1, DAP y bibliografía consultada

Tabla 19.2: Usos diarios de artefactos sanitarios para tipología refugio.

| | Inodoro | Urinario | Lavamanos | Ducha | Lavaplatos |
|---|---|---|---|---|---|
| Jornada completa | 1 | 2,1 | 3 | 0,1 | 1 |
| Media jornada | 0,5 | 1,05 | 1,5 | 0 | 2,3 |
| Pasajeros embarques | 0,25 | 0,5 | 0,8 | 0,0 | 0,3 |
| Pasajeros arribos | 0,5 | 1 | 0,8 | 0,0 | 0 |
| Estadía temporal | 0,063 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,1 |

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1, DAP y bibliografía consultada

Luego de estimar los usuarios Jornada completa, media jornada, pasajeros embarques, pasajeros arribos, estadía temporal, se debe diferenciar a los usuarios por género, cuando no se sepa la ocupación desagregada entre hombres y mujeres, se debe asumir que los usuarios serán 50% hombres y 50% mujeres, siendo siempre la mujer el numero mayor en casos en que el total sea impar.

Por ejemplo:
Total de usuarios = 131
Mujeres = 66
Hombres = 65

### 2. Asignar usuarios por grupo de artefactos

Si se utilizan artefactos con distintas características de consumo hídrico, se deben hacer grupos con las mismas características y asociarlos con sus respectivos usuarios. Por ejemplo, si en un refugio los inodoros para los operadores utilizan 5 litros por descarga y el resto de los inodoros utiliza 6 y no hay diferencia en los otros artefactos, se deben hacer un grupo para los profesores y otro para el resto, los que a su vez estarán diferenciados por género.

### 3. Cálculo usos diarios por artefacto

Multiplicar los usuarios de cada artefacto con los usos diario esperado según la tabla 6-1 Y 6-2.

Revisar ecuación Ecuación 1-1: Cálculo de consumo de agua anual.

Sumar cada vez Usuarios x frecuencia

Si algún grupo de artefactos no incluye urinarios, los usos diarios correspondientes a estos se deben sumar a los usos diarios de los inodoros.

1 usos inodoro + 2 usos urinario = 3 usos inodoro.

### 4. Consumos de referenciales

Tabla 19.3: Consumo referencial de artefactos sanitarios.

| Artefacto | Consumo referencial | Unidad |
|---|---|---|
| Inodoro | 7 | Litros por descarga |
| Urinario | 3,8 | Litros por descarga |
| Lavamanos | 12 | Litros por minuto |
| Tiempo lavamanos automático | 15 | Segundos |
| Ducha | 12 | Litros por minuto |
| Lavaplatos | 12 | Litros por minuto |

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la demanda diaria de referencia se multiplica el consumo de referencia indicado en la tabla 6-3, por los usos diarios obtenidos por artefacto. (Ecuación 1 1).

### 5. Consideraciones consumo proyectado

Para obtener la demanda diaria proyectada, se debe multiplicar el consumo del artefacto utilizado en el proyecto con los usos diarios obtenidos por artefacto.

En los casos en donde se utilice inodoros de doble descarga, el volumen de agua que se debe indicar es el promedio de las dos descargas.

Consideración para la especificación de griferías y artefactos eficientes:
- No utilizar más de un aireador por artefacto.
- Fichas técnicas que especifican el caudal del artefacto, deben indicar presión de ensayo.

## 6. Cálculo de demanda anual de agua referencial y proyectado

Para calcular la demanda de agua se deben sumar las demandas anuales de cada grifería y artefacto especificado, y multiplicar por el número total de jornadas en que se utilizará el edificio por cada grupo de usuarios de acuerdo con la Ecuación 6 1.

La reutilización de aguas grises y aguas lluvias se descontarán de la demanda total de proyecto, como se indica en la ecuación. Debido a que la bibliografía revisada demuestra la factibilidad de la reutilización de aguas grises y aguas lluvias en proyectos aeroportuarios, la reutilización de estos tipos de agua podrá aplicarse cumpliendo siempre con las condiciones y restricciones normativas existentes.

Ecuación 1.1: Cálculo de consumo de agua anual

$$Consumo\ referencial\ grupo\ i = Jornadas_i \cdot \sum_{j=1}^{8}\sum_{k=1}^{5} Usuarios_{ij} \cdot Consumo_{0k} \cdot Frecuencia_{jk}$$

$$Consumo\ referencial\ total = \sum_{i=1} Consumo\ referencial\ grupo_i$$

$$Consumo\ grupo\ i = Jornadas_i \cdot \sum_{j=1}^{8}\sum_{k=1}^{5} Usuarios_{ij} \cdot Consumo_{ik} \cdot Frecuencia_{jk}$$

$$Consumo\ total = \sum_{i=1} Consumo\ grupo_i - AR$$

*Sumar cada vez Usuarios x Consumo x Frecuencia, cuando (j=1 k=1) + (j=1 k=2) + (j=1 k=3) + (j=1 k=4) + (j=1 k=5) + .....+ (j=8 k=1)+ (j=8 k=2) + (j=8 k=3) + (j=8 k=4) + (j=8 k=5). Luego multiplicar por el número de jornadas de cada grupo i*

Donde:

- i: es el grupo que se está evaluando (de 0 a 10), donde 0 es la referencia y de 1 a 10 los grupos evaluados.
- j: es el tipo de usuario (1: Mujeres 1 jornada; 2: Hombres 1 jornada, 3: Mujeres 1/2 jornada, 4: Hombres 1/2 jornada. 5: Mujeres estadía temporal, 6: Hombres estadía temporal, 7: Mujeres pasajeras, 8: Hombres pasajeros).
- k: tipo de artefacto sanitario (1: Inodoro, 2: Urinario, 3: Lava manos, 4: Ducha, 5: Lava platos).
- Usuariosij: Es el usuario j del grupo i. Por ejemplo, Usuario13 corresponde a mujeres ½ jornada del grupo 1.
- Consumoik: Es el consumo establecido para el artefacto k del grupo i. Por ejemplo, Consumo02 corresponde al consumo referencial para urinarios.
- Frecuenciajk: Es la frecuencia de utilización del artefacto k realizada por los usuarios j. Por ejemplo, Frecuencia11 corresponde a la cantidad de veces que el inodoro es utilizado por las Mujeres de 1 jornada.
- Consumo grupo i: Corresponde al consumo del grupo i (0 a 10), donde el grupo 0 corresponde al consumo referencial.
- Consumo total: Corresponde al consumo total del proyecto o referencial según se indique.
- AR: Corresponde a los litros de aguas recicladas y/o recolectadas para su utilización en sistemas sanitarios.

## 7. Ejemplo de cálculo

Se quiere estimar cuánta agua consumen anualmente dos grupos de usuarios en un terminal aeroportuario, considerando solo inodoros y lavamanos de los siguientes grupos:

| Grupo | N° Personas | Tipo de uso | Días al año |
|---|---|---|---|
| Funcionarios | 10 (5 hombres y 5 mujeres) | Jornada completa | 200 |
| Pasajeros embarque | 131 (65 hombres, 66 mujeres) | Pasajeros embarques | 200 |

Los artefactos que considerar son los siguientes:

| Artefacto | Consumo Referencial | Consumo Eficiente |
|---|---|---|
| Inodoro | 7 litros por uso | 3,8 litros por uso |
| Lavamanos | 12 litros por minuto | 7 litros por minuto |

Utilizando las ecuaciones indicadas en este apéndice, para el caso referencial de los funcionarios el cálculo sería el siguiente:

$$Consumo\ inodoros = 10\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 1\ \frac{usos}{días}\ x\ 7\ \frac{litros}{uso} = 14.000\ litros$$

$$Consumo\ lavaplatos = 10\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 3\ \frac{minutos}{días}\ x\ 12\ \frac{litros}{minutos} = 72.000\ litros$$

Utilizando las ecuaciones indicadas en este apéndice, para el caso referencial de los pasajeros embarque el cálculo sería el siguiente:

$$Consumo\ inodoros = 131\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 0{,}5\ \frac{usos}{días}\ x\ 7\ \frac{litros}{uso} = 91.700\ litros$$

$$Consumo\ lavaplatos = 131\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 1{,}5\ \frac{minutos}{días}\ x\ 12\ \frac{litros}{minutos} = 471.600\ litros$$

Entonces el consumo total referencial sería:

$$Consumo\ eficiente = 14.000 + 72.000 + 91.700 + 471.600 = 649.300\ litros$$

- Utilizando las ecuaciones indicadas en este apéndice, para el caso eficiente de los funcionarios el cálculo sería el siguiente:

$$Consumo\ inodoros = 10\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 1\ \frac{usos}{días}\ x\ 3{,}8\ \frac{litros}{uso} = 7.600\ litros$$

$$Consumo\ lavaplatos = 10\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 3\ \frac{minutos}{días}\ x\ 7\ \frac{litros}{minutos} = 42.000\ litros$$

- Utilizando las ecuaciones indicadas en este apéndice, para el caso eficiente de los pasajeros embarque el cálculo sería el siguiente:

$$Consumo\ inodoros = 131\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 0{,}5\ \frac{usos}{días}\ x\ 3{,}8\ \frac{litros}{uso} = 49.780\ litros$$

$$Consumo\ lavaplatos = 131\ personas\ x\ 200\ días\ x\ 1{,}5\ \frac{minutos}{días}\ x\ 7\ \frac{litros}{minutos} = 274.050\ litros$$

Entonces el consumo total eficiente sería:

$$Consumo\ eficiente = 7.600 + 42.000 + 49.780 + 274.050 = 373.430\ litros$$

El ahorro de consumo de agua obtenido por utilizar artefactos eficientes se calcula de la siguiente manera:

$$Ahorro\ consumo\ agua = 1 - \frac{consumo\ eficiente}{consumo\ referencial} = 1 - \frac{374.430\ litros}{649.300\ litros} = 0{,}423 = 42{,}3\%$$

## 6. Herramienta para cálculo de reducción de agua potable

Para el desarrollo de esta herramienta se consideraron los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales.

### Requerimientos funcionales

- **Ingreso de datos:** La herramienta debe permitir a los usuarios ingresar datos como la zona climática, las precipitaciones de la zona, las jornadas de cada grupo de usuarios, la cantidad de personas de cada grupo de usuarios y los consumos de los artefactos sanitarios del proyecto.
- **Cálculos automáticos:** La herramienta debe realizar cálculos automáticos utilizando fórmulas predefinidas para estimar el consumo de agua potable basándose en la información proporcionada.
- **Clasificación por zonas de precipitación:** Debe tener la capacidad de asignar automáticamente la zona climática seleccionada a una zona de precipitación, esta zona de precipitación puede ser actualizada según la cantidad de precipitaciones ingresadas.
- **Resultados detallados:** Mostrar resultados detallados que incluyan el consumo estimado de agua potable y comparaciones con valores de referencia.

### Requerimientos no funcionales

- **Usabilidad:** La interfaz de usuario debe ser intuitiva y fácil de usar, incluso para usuarios no técnicos.
- **Eficiencia:** La herramienta debe ejecutar cálculos rápidos y eficientes, proporcionando resultados en tiempo real.
- **Seguridad:** Implementar medidas de seguridad para proteger el motor de cálculo de la herramienta.
- **Compatibilidad:** Asegurar que la herramienta sea compatible con diferentes plataformas y dispositivos, como computadoras de escritorio, tabletas y dispositivos móviles.
- **Mantenibilidad:** Facilitar la actualización y mantenimiento de la herramienta, incluyendo la capacidad de incorporar nuevas fórmulas o ajustes en los algoritmos de cálculo.
- **Accesibilidad:** Garantizar que la herramienta sea accesible para personas con discapacidades, cumpliendo con estándares de accesibilidad web.

Se han validado las casillas de zona climática, destino, la consulta de si el proyecto posee algún sistema de reutilización de agua. A su vez el ingreso de todos los valores numéricos se ha validado para que sean mayores o iguales a 0 y para que respeten la naturaleza de cada variable, enteras en caso de las jornadas y número de personas y decimales; y decimales en el caso de valores de consumo de artefactos, precipitaciones y litros reciclados/reutilizados.

También se ha validado el consumo de los usuarios masculinos sea considerado idéntico al femenino en caso de que no se ingresen consumos de urinarios para cada grupo ingresado.

Figura 19.1: Herramienta de cálculo de ahorro de agua

| **1. Identificación del proyecto** | |
|---|---|
| Nombre del proyecto | |
| Código | |
| Superficie constrída ($m^2$) | |
| Destino | |
| Zona climática | |
| Precipitaciones anuales localidad (mm* año) | |
| Zona de precipitación | |
| **2. Resultados** | |
| Consumo de referencia (l) | 0 |
| Consumo del proyecto (ll) | 0 |
| Reciclaje o recolección de agua para uso no potable | 0 |
| Reducción estimada del consumo (%) | 0,0% |
| Reducción / superfiecie ($l/m^2$) | 0,0 |
| Cumplimiento de Requerimiento Obligatorio | No cumple |
| Cumplimiento de Requerimiento Voluntario | No cumple |

**3. Cálculos**

**3.1. Estimación de usuarios**

| **Usuarios** | | **Grupo 1 ↓** | | **Grupo 2 ↓** | | **Grupo 3 ↓** | | **Grupo 4 ↓** | | **Grupo 5 ↓** | | **Grupo 6 ↓** | | **Grupo 7 ↓** | | **Grupo 8 ↓** | | **Grupo 9 ↓** | | **Grupo 10 ↓** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Grupo 1** | | **Grupo 2** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | | **Nombre del grupo** | |
| | | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** | **Referencia** | **Proyecto** |
| **Jornadas al año** | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Jornada completa | Mujeres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | Hombres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Media jornada | Mujeres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | Hombres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Pasajeros embarques | Mujeres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | Hombres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Pasajeros arribos | Mujeres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | Hombres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Estadía temporal | Mujeres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | Hombres | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1

**3.2. Caracterización del consumo unitario de artefactos sanitarios**

# Apéndice 20: Agua. Sistemas de captación y reutilización de agua

Consideraciones para las diferentes opciones de captación y reutilización de agua:

## 1. Tratamiento de aguas grises

Se deberá desarrollar un proyecto de reciclaje de aguas grises con una red de recolección propia, diferenciándola de las redes de recolección de aguas lluvias. Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas especificados para su ejecución deberán acreditar su certificación de conformidad por laboratorios y organismos acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, de acuerdo con los procedimientos de certificación que determine la autoridad competente. Junto con el proyecto de reciclaje de aguas grises, deberá entregarse 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.

## 2. Recolección de aguas lluvias

Se deberá desarrollar un proyecto de recolección de aguas lluvias que optimice 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 columna “normal anual” de la tabla de informe de precipitaciones de la página de la dirección meteorológica de Chile57 o la tabla 3 de la NCh 1079:Of.2008 homologando las precipitaciones del lugar de emplazamiento del proyecto con la localidad a menor distancia en la tabla. En el anexo A1 se describen algunos valores para distintas localidades del país. El proyecto debe estimar una captación neta en base a las tablas citadas.

## 3. Calidad del agua

Para ambos proyectos se deberá 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 NCh 1333:Of.1978 sobre calidad del agua. Asimismo, deberá resolverse la forma de manejo y disposición de los sedimentos generados.

## 4. Captura de agua según diversidad meteorológica de Chile

Se sugiere evaluar las siguientes alternativas de captura de agua según la zona

Tabla 20.2 Sistemas sugeridos para cada zona climática

| Zona térmica | Sistemas según clima |
|---|---|
| A | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| B | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| C | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| D | Sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| E | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| G | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| F | Sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| I (1) | Sistemas de almacenamiento de aguas lluvias, sistemas de recolección y deshielo de nieve. |
| I (2) | Sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias, sistemas de recolección y deshielo de nieve. |
| H (1) | Atrapanieblas, sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| H (2) | Sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias, sistemas de recolección y deshielo de nieve. |
| Insular | Sistemas de condensación atmosférica, sistemas de almacenamiento de aguas lluvias. |
| Antártica | Sistemas de recolección y deshielo de nieve. |

Fuente: Elaboración propia

# Apéndice 21: Agua. Paisajismo

## Metodología de cálculo: Paisajismo – evapotranspiración referencial y del proyecto

Para validar este requerimiento, en primer lugar, se debe calcular la evapotranspiración de proyecto y de referencia, en el mes más caluroso del año, para luego determinar la disminución porcentual de la primera respecto a la segunda.

En la Tabla 21.1 se puede observar la evapotranspiración para cada ciudad representativa, para la antártica no existen datos sobre evapotranspiración en las estaciones, además, considerando la dificultad de los proyectos de paisajismo en esa zona, es la única zona que puede omitir el cumplimiento de este requerimiento.

Tabla 21.1: Evapotranspiración para ciudades representativas

| **Zonas** | | **Ciudad representativa** | Evapotranspiración de referencia (ETOmm) |
|---|---|---|---|
| A | NL | Antofagasta | 232 |
| B | ND | Calama | 184 |
| B | NVT | Copiapó | 192 |
| C | CL | Valparaíso | 150 |
| D | CI | Santiago | 210 |
| E | SL (1) | Concepción | 141 |
| G | SL (2) | Puerto Montt | 121 |
| F | SI | Temuco | 171 |
| I (1) | SE (1) | Coyhaique | 171 |
| I (1) | SE (2) | Punta Arenas | 106 |
| H (1) | An (1) | San Pedro de Atacama | 178 |
| H (1) | An (2) | Termas de Chillán | 165 |
| Juan Fernández | | Juan Fernández | 126 |
| Rapa Nui | | Rapa Nui | 126 |

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1, INIA y DMC

La metodología es conocida como la del Coeficiente de Paisajismo que es presentada en el documento “The Landscape Coefficient Method” (LCM), es una técnica avanzada utilizada para estimar las necesidades de agua de los paisajes urbanos y diseñar sistemas de riego más eficientes.

Para calcular la reducción de evapotranspiración en primer lugar se debe identificar y calcular la superficie de cada sector de paisajismo en función de cuatro características: factor especie, factor densidad, factor microclima y sistema de riego. La denominación de estos coeficientes se puede observar en la Tabla 21.2 y la relación entre los mismos en la Ecuación 2.1.

Tabla 21.2: Factores de paisajismo

| Nomenclatura | Factor | Definición |
|---|---|---|
| $K_L$ | Coeficiente de paisajismo | El Coeficiente de Paisajismo es un índice que modifica la evapotranspiración de referencia para reflejar las condiciones específicas del paisaje evaluado. Se calcula como el producto de tres factores distintos: el Factor de Especie, el Factor de Microclima y el Factor de Densidad. |
| $k_s$ | Factor de especie | Este factor refleja las necesidades hídricas de las plantas específicas en comparación con las de un césped estándar, que se utiliza como base para la evapotranspiración de referencia. Los niveles de factor especie se pueden observar en la Tabla 6 19. |
| $k_d$ | Factor de densidad | Este factor se relaciona con la cobertura vegetal del área y cómo esta afecta la evaporación y transpiración. Los niveles de factor densidad se pueden observar en la Tabla 6 19. |
| $k_{mc}$ | Factor de microclima | El Factor de Microclima ajusta la evapotranspiración de referencia basándose en las condiciones climáticas locales, como la exposición al sol, el viento y la reflexión de superficies cercanas. Los niveles de factor microclima se pueden observar en la Tabla 6 19. |

Fuente: Elaboración propia en base a Costello, Matheny & Clark

**Ecuación 2-1: Cálculo de coeficiente de paisajismo**

$$K_L = k_s \cdot k_d \cdot k_{mc}$$

Fuente: Costello, Matheny & Clark

Los niveles del factor de especie se determinan según el requerimiento hídrico de cada una de las especies, dónde bajo corresponde a especies con bajo requerimiento de agua o especies endémicas de la zona de emplazamiento, el nivel medio para aquellas con necesidad de agua medias y el nivel alto para las especies con altas necesidades de agua.

Los niveles del factor densidad se determinan según la cobertura de las especies en el espacio que les fue asignado, dónde bajo corresponde a una cobertura menor a 70% o especies endémicas de la zona de emplazamiento, el nivel medio para una cobertura menor a 90% y el nivel alto para unca cobertura total de la superficie.

Los niveles del factor microclima se determinan según las condiciones climáticas locales, dónde bajo corresponde a jardines protegidos y/o entornos pocos urbanizados, o a jardines compuestos por especies endémicas de la zona de emplazamiento, el nivel medio para paisajismo a campo abierto o grandes jardines (mayor a 50m$^2$) con poco pavimento y el nivel alto aquellos jardines que tienen influencia de fuentes de calor, frío, sombra o vientos externos como lo pueden ser efectos generados por unidad exteriores de HVAC, flujo vehicular, elevado uso de pavimentos, etc.

En la Tabla 21.3 se puede observar el valor para cada factor según el nivel alcanzado, en la misma tabla se observa como las especies endémicas sólo alcanzan el nivel bajo, esto es para premiar el uso de especies autóctonas de la zona de emplazamiento de los proyectos lo que de manera natural significa un ahorro de agua para el proyecto además de mantener la identidad eco cultural de la zona.

Tabla 21.3: Factores por tipo de vegetación.

| | Factor de Especie (K)s | | | Factor de densidad (K)d | | | Factor Microclima (K)mc | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de vegetación | Bajo | Medio | Alto(1) | Bajo | Medio | Alto | Bajo | Medio | Alto |
| Árboles | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 1 | 1,3 | 0,5 | 1 | 1,4 |
| Arbustos, Trepadoras y Crasas | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1 | 1,1 | 0,5 | 1 | 1,3 |
| Gramíneas | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 1 | 1,1 | 0,5 | 1 | 1,3 |
| Cactáceas | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1 | 1,1 | 0,5 | 1 | 1,3 |
| Cubresuelos, Tapizantes y Herbáceas | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1 | 1,1 | 0,5 | 1 | 1,3 |
| Aplicación mixta sin considerar césped | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 1,3 | 0,5 | 1 | 1,4 |
| Césped | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1(2) | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1,2 |
| Endémicas | 0,2 | - | - | 0,5 | - | - | 0,5 | - | - |
| Nota: Las crasas de bajo tamaño, por ejemplo la doca, se considerarán como Cubresuelo. | | | | | | | | | |

Estos son valores de referencia. En algunos casos el (k)s puede ser más alto, dependiendo de la especie. Por ejemplo, algunos tipos de césped o algunas especies tropicales. O de climas lluviosos también pueden tener un =(k)s mayores a 1.
La densidad del césped debiera considerarse siempre de valor 1.

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1, MINVU y Costello, Matheny & Clark.

El cálculo de la evapotranspiración de referencia ($ETL_r$) y la del proyecto ($ETL$) se pueden observar en la Ecuación 6-7 y Ecuación 6-8 respectivamente.

**Ecuación 6-7: Cálculo de evapotranspiración referencial**

$$ETL_r = ETO_{mm} \cdot K_{Lr}$$

Fuente: Costello, Matheny & Clark

Para calcular el coeficiente de paisajismo de referencia utilizar los valores indicados en la columna “medio” de la tabla 6-19, salvo que el proyectista justifique el reemplazo de dichos valores.

**Ecuación 6-8: Cálculo de evapotranspiración proyecto**

$$ETL = ETO_{mm} \cdot K_L$$

Fuente: Costello, Matheny & Clark

El cálculo de la evapotranspiración referencial y evapotranspiración del proyecto se debe realizar por cada zona de paisajismo identificada, este cálculo junto al porcentaje de reducción se puede observar en la Ecuación 6-9.

Para esto se deben individualizar las zonas de paisajismo en función de las cuatro características: Factor de especie, Factor de densidad, factor de microclima y sistema de riego. Por ejemplo, si un jardín de 300m², de los cuales 100m² tienen cubresuelo, otro sector tiene 100m² de césped, y otra con 100m² con el mismo cubresuelo de antes se debe individualizar dos sectores de paisajismo: 200m² con cubresuelo (100+100) y 100m² con césped.

Cálculo de reducción de evapotranspiración

$$ETL_{r-proyecto} = \frac{\sum_{i=1}^{10} S_i \cdot ETO_{mm} \cdot k_{s,r-i} \cdot k_{d,r-i} \cdot k_{mc,r-i}}{\sum_{i=1}^{10} S_i}$$

$$ETL_{proyecto} = \frac{\sum_{i=1}^{10} S_i \cdot ETO_{mm} \cdot k_{s,i} \cdot k_{d,i} \cdot k_{mc,i}}{\sum_{i=1}^{10} S_i}$$

$$Porcentaje\ de\ reducción = \frac{ETL_{r-proyecto} - ETL_{proyecto}}{ETL_{r-proyecto}} \cdot 100\%$$

Fuente: Elaboración propia en base a Costello, Matheny & Clark

Donde:
*i* = Es el grupo que se está evaluando (de 1 a 10).
*r* = Indica que se está evaluando un grupo referencial, por ejemplo, ks,r-i hace alusión al factor de especie referencial del grupo i.
*Si* = Superficie de paisajismo en m² del grupo i.

## Herramienta de cálculo reducción de evapotranspiración y agua utilizada para riego

Esta herramienta para calcular la reducción de evapotranspiración y agua utilizada para riego en los proyectos aeroportuarios es parte de la documentación oficial a entregar como antecedente del requerimiento de paisajismo y riego eficiente.

Para el desarrollo de esta herramienta se consideraron los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales.

**Requerimientos funcionales:**

- **Ingreso de datos:** La herramienta debe permitir a los usuarios ingresar datos como la zona climática, las precipitaciones de la zona, las superficies de paisajismo, el tipo de especie de paisajismo y distintos factores asociados al paisajismo.
- **Cálculos automáticos:** La herramienta debe realizar cálculos automáticos utilizando fórmulas predefinidas para estimar el consumo de agua potable basándose en la información proporcionada.
- **Clasificación por zonas de precipitación:** Debe tener la capacidad de asignar automáticamente la zona climática seleccionada a una zona de precipitación, esta zona de precipitación puede ser actualizada según la cantidad de precipitaciones ingresadas.
- **Resultados detallados:** Mostrar resultados detallados que incluyan el consumo estimado de agua potable y comparaciones con valores de referencia.

Figura: Herramienta de cálculo de agua asociada a paisajismo

| **1. Identificación del proyecto** | |
|---|---|
| Nombre del proyecto | |
| Código | |
| | |
| *Seleccionar una zona para definir la evaporación local* | |
| Zona climática | |
| Avapotranspiración local (mm) | |
| Precipitaciones (mm) | |
| | |
| *Si desea ingresar otra evaporatranspiración o precipitación local (mm), la siguiente celda reemplazara el valor por defecto siempre y cuando sea más desafarable* | |
| Precipitación personalizada (mm) | |
| Avapotranspiración personalizada (mm) | |
| | |
| Área de paisajismo ($m^2$) | |
| Área dl terminal ($m^2$) | |
| Paisajismo / terreno (%) | 0% |
| ¿Área de paisajismo suficiente para objtener puntaje? | Área de paisajismo insuficiente |

| **2. Resultados** | |
|---|---|
| **2.1. Requerimientos de reducción de evapotranspiración** | |
| Evapotranspiración de referencia (mm) | 0,0 |
| Evapotranspiración del proyecto (mm) | 00,0 |
| Reducción estimada del consumo (%) | 0,0% |
| Cumplimiento de Requerimiento Obligatorio | #N/D |
| Nivel Requerimiento Voluntario | Área de paisajismo insuficiente |
| **2.2. Requerimientos de reducción de reducción del consumo de agua para riego** | |
| Consumo agua riego referencial (I) | 0,0 |
| Consumo agua riego proyecto (I) | 00,0 |
| Agua reutilizada o cosechada para riego (II) | |
| Reducción estimada del consumo (%) | 0,0% |
| Cumplimiento de Requerimiento Obligatorio | #N/D |
| Nivel Requerimiento Voluntario | #N/D |

Fuente: Elaboración propia en base a CES v1.1

## Anexo 1: Especies endémicas

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Azara celastrina** | Árboles endémicos | **Heliotropium megalanthum** | Arbustos endémicos | **Caiophora silvestris** | Plantas perennes endémicas | **Calceolaria nudicaulis** | Flores anuales endémicas |
| **Beilschmiedia berteroana** | Árboles endémicos | **Heliotropium myosotifolium** | Arbustos endémicos | **Calceolaria arachnoidea** | Plantas perennes endémicas | **Chaetanthera ciliata** | Flores anuales endémicas |
| **Beilschmiedia miersii** | Árboles endémicos | **Heliotropium pycnophyllum** | Arbustos endémicos | **Calceolaria arachnoidea-x-C.-corymbosa,-hybrido** | Plantas perennes endémicas | **Chaetanthera flabellifolia** | Flores anuales endémicas |
| **Blepharocalyx cruckshanksii** | Árboles endémicos | **Heliotropium sinuatum** | Arbustos endémicos | **Calceolaria ascendens subsp. ascendens** | Plantas perennes endémicas | **Chaetanthera glabrata** | Flores anuales endémicas |
| **Browningia candelaris** | Árboles endémicos | **Heliotropium stenophyllum** | Arbustos endémicos | **Calceolaria cana** | Plantas perennes endémicas | **Chaetanthera microphylla** | Flores anuales endémicas |
| **Citronella mucronata** | Árboles endémicos | **Heliotropium taltalense** | Arbustos endémicos | **Calceolaria cavanillesii** | Plantas perennes endémicas | **Chaetanthera moenchioides** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa calderana ssp. calderana** | Árboles endémicos | **Huidobria chilensis** | Arbustos endémicos | **Calceolaria collina ssp. collina** | Plantas perennes endémicas | **Cistanthe longiscapa** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa cinerea ssp. columna-alba** | Árboles endémicos | **Krameria cistoidea** | Arbustos endémicos | **Calceolaria corymbosa ssp. corymbosa** | Plantas perennes endémicas | **Cleome chilensis** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa dealbata** | Árboles endémicos | **Lampaya medicinalis** | Arbustos endémicos | **Calceolaria corymbosa ssp. floccosa** | Plantas perennes endémicas | **Cristaria adenophora** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa longistaminea** | Árboles endémicos | **Lapageria rosea** | Arbustos endémicos | **Calceolaria corymbosa ssp. mimuloides** | Plantas perennes endémicas | **Cristaria integerrima var. integerrima** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa marginata** | Árboles endémicos | **Latua pubiflora** | Arbustos endémicos | **Calceolaria corymbosa subsp. santiagina** | Plantas perennes endémicas | **Cristaria molinae** | Flores anuales endémicas |
| **Copiapoa serpentisculata** | Árboles endémicos | **Leptocarpha rivularis** | Arbustos endémicos | **Calceolaria flavovirens** | Plantas perennes endémicas | **Cryptantha involucrata** | Flores anuales endémicas |
| **Crinodendron patagua** | Árboles endémicos | **Lobelia bridgesii** | Arbustos endémicos | **Calceolaria glandulosa** | Plantas perennes endémicas | **Cyphocarpus rigescens** | Flores anuales endémicas |
| **Cryptocarya alba** | Árboles endémicos | **Lobelia excelsa** | Arbustos endémicos | **Calceolaria hypericina** | Plantas perennes endémicas | **Dalea pennellii var. chilensis** | Flores anuales endémicas |
| **Drimys winteri** | Árboles endémicos | **Lobelia polyphylla** | Arbustos endémicos | **Calceolaria meyeniana** | Plantas perennes endémicas | **Hoffmannseggia doellii** | Flores anuales endémicas |
| **Eriosyce odieri ssp. malleolata** | Árboles endémicos | **Luma chequen** | Arbustos endémicos | **Calceolaria morisii** | Plantas perennes endémicas | **Homalocarpus dichotomus** | Flores anuales endémicas |
| **Eriosyce paucicostata ssp. echinus** | Árboles endémicos | **Luzuriaga polyphylla** | Arbustos endémicos | **Calceolaria pallida** | Plantas perennes endémicas | **Lastarriaea chilensis** | Flores anuales endémicas |
| **Eriosyce rodentiophila** | Árboles endémicos | **Lycium minutifolium** | Arbustos endémicos | **Calceolaria paralia** | Plantas perennes endémicas | **Loasa pallida** | Flores anuales endémicas |
| **Escallonia revoluta** | Árboles endémicos | **Maihuenia poeppigii** | Arbustos endémicos | **Calceolaria petiolaris** | Plantas perennes endémicas | **Loasa prostrata** | Flores anuales endémicas |
| **Eulychnia iquiquensis** | Árboles endémicos | **Monttea chilensis var. taltalensis** | Arbustos endémicos | **Calceolaria polifolia** | Plantas perennes endémicas | **Loasa triloba** | Flores anuales endémicas |
| **Gomortega keule** | Árboles endémicos | **Mutisia cana** | Arbustos endémicos | **Calceolaria purpurea** | Plantas perennes endémicas | **Lupinus oreophilis** | Flores anuales endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Jubae chilensis** | Árboles endémicos | **Mutisia decurrens** | Arbustos endémicos | **Calceolaria thyrsiflora** | Plantas perennes endémicas | **Madia chilensis** | Flores anuales endémicas |
| **Kageneckia angustifolia** | Árboles endémicos | **Mutisia linearifolia** | Arbustos endémicos | **Calceolaria williamsii** | Plantas perennes endémicas | **Malesherbia multiflora** | Flores anuales endémicas |
| **Kageneckia oblonga** | Árboles endémicos | **Mutisia subulata** | Arbustos endémicos | **Calycera herbacea** | Plantas perennes endémicas | **Menonvillea minima** | Flores anuales endémicas |
| **Laurelia sempervirens** | Árboles endémicos | **Myrceugenia lanceolata** | Arbustos endémicos | **Centaurea cachinalensis** | Plantas perennes endémicas | **Mimulus bridgesii** | Flores anuales endémicas |
| **Lithrea caustica** | Árboles endémicos | **Myrceugenia pinifolia** | Arbustos endémicos | **Chaetanthera chilensis var. tenuifolia** | Plantas perennes endémicas | **Nicotiana acuminata** | Flores anuales endémicas |
| **Myrceugenia correifolia** | Árboles endémicos | **Myrceugenia rufa** | Arbustos endémicos | **Chaetanthera pusilla** | Plantas perennes endémicas | **Nolana aplocaryoides** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus alessandrii** | Árboles endémicos | **Nicotiana solanifolia** | Arbustos endémicos | **Chaetanthera villosa** | Plantas perennes endémicas | **Nolana elegans** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus alpina** | Árboles endémicos | **Nolana carnosa** | Arbustos endémicos | **Chloraea bletioides** | Plantas perennes endémicas | **Nolana reichei** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus antarctica** | Árboles endémicos | **Nolana crassulifolia** | Arbustos endémicos | **Chloraea cristata** | Plantas perennes endémicas | **Oenothera coquimbensis** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus macrocarpa** | Árboles endémicos | **Nolana ramosissima** | Arbustos endémicos | **Chloraea cristata** | Plantas perennes endémicas | **Oxalis rosea** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus nitida** | Árboles endémicos | **Nolana salsoloides** | Arbustos endémicos | **Chloraea galeata** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus candidus** | Flores anuales endémicas |
| **Nothofagus obliqua** | Árboles endémicos | **Nolana sedifolia** | Arbustos endémicos | **Chloraea heteroglossa** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus coccineus** | Flores anuales endémicas |
| **Peumus boldus** | Árboles endémicos | **Ochagavia carnea** | Arbustos endémicos | **Chloraea incisa** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus lacteus** | Flores anuales endémicas |
| **Pitavia punctata** | Árboles endémicos | **Orites myrtoidea** | Arbustos endémicos | **Chloraea longipetala** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus laetus** | Flores anuales endémicas |
| **Podocarpus saligna** | Árboles endémicos | **Ovidia pillo-pillo** | Arbustos endémicos | **Chloraea nudilabia** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus litoralis** | Flores anuales endémicas |
| **Polylepis tarapacana** | Árboles endémicos | **Oxalis gigantea** | Arbustos endémicos | **Cistanthe aranciona** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus pinnatus** | Flores anuales endémicas |
| **Prosopis tamarugo** | Árboles endémicos | **Phrodus microphyllus** | Arbustos endémicos | **Cistanthe celosioides** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus porrigens** | Flores anuales endémicas |
| **Pseudopanax laetevirens** | Árboles endémicos | **Pintoa chilensis** | Arbustos endémicos | **Cistanthe grandiflora** | Plantas perennes endémicas | **Schizanthus tricolor** | Flores anuales endémicas |
| **Quillaja saponaria** | Árboles endémicos | **Plant sp. #1271** | Arbustos endémicos | **Conanthera bifolia** | Plantas perennes endémicas | **Triptilion capillatum** | Flores anuales endémicas |
| **Schinus latifolius** | Árboles endémicos | **Pleurophora pungens** | Arbustos endémicos | **Conanthera parvula** | Plantas perennes endémicas | **Triptilion gibbosum** | Flores anuales endémicas |
| **Schinus polygamus** | Árboles endémicos | **Podanthus mitiqui** | Arbustos endémicos | **Conanthera trimaculata** | Plantas perennes endémicas | **Viola subandina** | Flores anuales endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acantholippia tarapacana** | Arbustos endémicos | **Podanthus ovatifolius** | Arbustos endémicos | **Cristaria adenophora** | Plantas perennes endémicas | **Berberidopsis corallina** | Trepadoras endémicas |
| **Adesmia aphyla** | Arbustos endémicos | **Polyachyrus carduoides** | Arbustos endémicos | **Cristaria cordatorotundifolia** | Plantas perennes endémicas | **Bomarea salsilla** | Trepadoras endémicas |
| **Adesmia argentea** | Arbustos endémicos | **Polygala gnidioides** | Arbustos endémicos | **Cristaria integerrima var. integerrima** | Plantas perennes endémicas | **Dioscorea bryoniifolia** | Trepadoras endémicas |
| **Adesmia argyrophylla** | Arbustos endémicos | **Porlieria chilensis** | Arbustos endémicos | **Cristaria viridiluteola var. pinnata** | Plantas perennes endémicas | **Dioscorea humifusa** | Trepadoras endémicas |
| **Adesmia confusa** | Arbustos endémicos | **Pouteria splendens** | Arbustos endémicos | **Cynanchum boerhaviifolium** | Plantas perennes endémicas | **Dioscorea saxatilis** | Trepadoras endémicas |
| **Adesmia hysterix** | Arbustos endémicos | **Proustia cuneifolia** | Arbustos endémicos | **Dioscorea bryoniifolia** | Plantas perennes endémicas | **Lapageria rosea** | Trepadoras endémicas |
| **Aloysia salviifolia** | Arbustos endémicos | **Proustia cuneifolia** | Arbustos endémicos | **Dioscorea humifusa** | Plantas perennes endémicas | **Luzuriaga polyphylla** | Trepadoras endémicas |
| **Alternanthera junciflora** | Arbustos endémicos | **Proustia ilicifolia** | Arbustos endémicos | **Dioscorea saxatilis** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia cana** | Trepadoras endémicas |
| **Anemone moorei** | Arbustos endémicos | **Pseudopanax valdiviensis** | Arbustos endémicos | **Dioscorea volckmannii** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia decurrens** | Trepadoras endémicas |
| **Anemone rigida** | Arbustos endémicos | **Puya berteroniana** | Arbustos endémicos | **Euphrasia flavicans** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia linearifolia** | Trepadoras endémicas |
| **Argythamnia tricuspidata** | Arbustos endémicos | **Puya boliviensis** | Arbustos endémicos | **Fagonia chilensis** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia rosea** | Trepadoras endémicas |
| **Asteraceae sp.** | Arbustos endémicos | **Puya chilensis** | Arbustos endémicos | **Famatina cisandina** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia spectabilis** | Trepadoras endémicas |
| **Astragalus curvicaulis** | Arbustos endémicos | **Puya coerulea var. monteroana** | Arbustos endémicos | **Francoa appendiculata** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia subulata** | Trepadoras endémicas |
| **Atriplex imbricata** | Arbustos endémicos | **Puya gilmartinii** | Arbustos endémicos | **Gavilea venosa** | Plantas perennes endémicas | **Proustia pyrifolia** | Trepadoras endémicas |
| **Austrocactus philippii** | Arbustos endémicos | **Puya venusta** | Arbustos endémicos | **Gilliesia graminea** | Plantas perennes endémicas | **Pseudopanax valdiviensis** | Trepadoras endémicas |
| **Austrocactus spiniflorus** | Arbustos endémicos | **Retanilla ephedra** | Arbustos endémicos | **Gilliesia montana** | Plantas perennes endémicas | **Scyphanthus elegans** | Trepadoras endémicas |
| **Azara dentada** | Arbustos endémicos | **Ribes gayanum** | Arbustos endémicos | **Hydrocotyle poeppigii** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum azureum** | Trepadoras endémicas |
| **Azara integrifolia** | Arbustos endémicos | **Satureja multiflora** | Arbustos endémicos | **Hypochaeris taraxacoides** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum beuthii** | Trepadoras endémicas |
| **Azara petiolaris** | Arbustos endémicos | **Schinus montanus** | Arbustos endémicos | **Leontochir ovallei** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum ciliatum** | Trepadoras endémicas |
| **Baccharis macraei** | Arbustos endémicos | **Schinus polygamus** | Arbustos endémicos | **Leucheria viscida** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum hookerianum ssp. austropurpureum** | Trepadoras endémicas |
| **Baccharis sphaerocephala** | Arbustos endémicos | **Senecio cymosus** | Arbustos endémicos | **Leucocoryne alliacea** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum hookerianum var. hookerianum** | Trepadoras endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bahia ambrosoides** | Arbustos endémicos | **Senecio eruciformis** | Arbustos endémicos | **Leucocoryne coronata** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum speciosum** | Trepadoras endémicas |
| **Balbisia microphylla** | Arbustos endémicos | **Senecio johnstonianus** | Arbustos endémicos | **Leucocoryne ixioides** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum tricolor** | Trepadoras endémicas |
| **Berberidopsis corallina** | Arbustos endémicos | **Senecio murorum** | Arbustos endémicos | **Leucocoryne purpurea** | Plantas perennes endémicas | **Adiantum excisum** | Helechos endémicos |
| **Berberis actinacantha** | Arbustos endémicos | **Senecio myriophyllus** | Arbustos endémicos | **Leucocoryne vitatta** | Plantas perennes endémicas | **Hymenoglossum cruentum** | Helechos endémicos |
| **Berberis bidentada** | Arbustos endémicos | **Senna cumingii var. alcaparra** | Arbustos endémicos | **Loasa martinii** | Plantas perennes endémicas | **Alstroemeria diluta ssp. chrysantha** | Bulbosas endémicas |
| **Berberis chilensis var. chilensis** | Arbustos endémicos | **Senna cumingii var. cumingii** | Arbustos endémicos | **Malesherbia fasciculata** | Plantas perennes endémicas | **Conanthera bifolia** | Bulbosas endémicas |
| **Berberis glomerata** | Arbustos endémicos | **Skytanthus acutus** | Arbustos endémicos | **Malesherbia linearifolia** | Plantas perennes endémicas | **Conanthera campanulata** | Bulbosas endémicas |
| **Berberis horrida** | Arbustos endémicos | **Solanum brachyantherum** | Arbustos endémicos | **Menonvillea cuneata** | Plantas perennes endémicas | **Conanthera parvula** | Bulbosas endémicas |
| **Berberis negeriana** | Arbustos endémicos | **Solanum etuberosum** | Arbustos endémicos | **Miersia chilensis** | Plantas perennes endémicas | **Conanthera trimaculata** | Bulbosas endémicas |
| **Berberis rotundifolia** | Arbustos endémicos | **Solanum heterantherum** | Arbustos endémicos | **Mimulus luteus** | Plantas perennes endémicas | **Conanthera urceolata** | Bulbosas endémicas |
| **Bomarea salsilla** | Arbustos endémicos | **Sophora macrocarpa** | Arbustos endémicos | **Montiopsis potentilloides** | Plantas perennes endémicas | **Famatina cisandina** | Bulbosas endémicas |
| **Bridgesia incisifolia** | Arbustos endémicos | **Teucrium bicolor** | Arbustos endémicos | **Mutisia subulata fma. rosmarinifolia** | Plantas perennes endémicas | **Gilliesia graminea** | Bulbosas endémicas |
| **Bulnesia chilensis** | Arbustos endémicos | **Ugni candollei** | Arbustos endémicos | **Nastanthus spathulatus** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne alliacea** | Bulbosas endémicas |
| **Caesalpinia angulata** | Arbustos endémicos | **Valeriana graciliceps** | Arbustos endémicos | **Oenothera acaulis** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne appendiculata** | Bulbosas endémicas |
| **Calceolaria alba** | Arbustos endémicos | **Verbena gynobasis** | Arbustos endémicos | **Oxalis bulbocastanum** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne coquimbensis** | Bulbosas endémicas |
| **Calceolaria ascendens ssp. glandulifera** | Arbustos endémicos | **Viguiera gayana** | Arbustos endémicos | **Pachylaena rosea** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne coronata** | Bulbosas endémicas |
| **Calceolaria inamoena** | Arbustos endémicos | **Viola philippii** | Arbustos endémicos | **Palaua concinna** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne ixioides** | Bulbosas endémicas |
| **Calceolaria nitida** | Arbustos endémicos | **Viola portalesia** | Arbustos endémicos | **Peperomia coquimbensis** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne purpurea** | Bulbosas endémicas |
| **Calceolaria segethii** | Arbustos endémicos | **Viola rubella** | Arbustos endémicos | **Peperomia doellii** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne purpurea var. intermediate** | Bulbosas endémicas |
| **Calliandra chilensis** | Arbustos endémicos | **Viviania crenata** | Arbustos endémicos | **Peperomia fernandeziana** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne sp.** | Bulbosas endémicas |
| **Carica chilensis** | Arbustos endémicos | **Adesmia eremophila** | Plantas perennes endémicas | **Phycella bicolor** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne violascens** | Bulbosas endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Centaurea chilensis** | Arbustos endémicos | **Adesmia parviflora** | Plantas perennes endémicas | **Phycella ignea** | Plantas perennes endémicas | **Leucocoryne vitatta** | Bulbosas endémicas |
| **Colletia ulicina** | Arbustos endémicos | **Adiantum scabrum** | Plantas perennes endémicas | **Pilea elegans** | Plantas perennes endémicas | **Miersia chilensis** | Bulbosas endémicas |
| **Colliguaja odorifera** | Arbustos endémicos | **Alonsoa meridionalis** | Plantas perennes endémicas | **Placea amoena** | Plantas perennes endémicas | **Phycella bicolor** | Bulbosas endémicas |
| **Colliguaja salicifolia** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria angustifolia** | Plantas perennes endémicas | **Placea ornata** | Plantas perennes endémicas | **Phycella ignea** | Bulbosas endémicas |
| **Copiapoa cinerea ssp. haseltoniana** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria crispata** | Plantas perennes endémicas | **Pteromonnina pterocarpa** | Plantas perennes endémicas | **Placea amoena** | Bulbosas endémicas |
| **Copiapoa echinoides** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria diluta ssp. chrysantha** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala advena** | Plantas perennes endémicas | **Placea ornata** | Bulbosas endémicas |
| **Copiapoa fiedleriana** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria diluta ssp. chrysantha** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala advena** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala advena** | Bulbosas endémicas |
| **Cordia decandra** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria diluta ssp. chrysantha** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala andicola** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala advena** | Bulbosas endémicas |
| **Corynabutilon viride** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria exerens** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala bagnoldii** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala andicola** | Bulbosas endémicas |
| **Corynabutilon vitifolium** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria hookeri ssp. recumbens** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala laeta** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala araucana** | Bulbosas endémicas |
| **Croton chilensis** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria kingii** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala moelleri** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala bagnoldii** | Bulbosas endémicas |
| **Cryptantha gnaphalioides** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria leporina** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala montana** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala bagnoldii** | Bulbosas endémicas |
| **Cynanchum nummulariifolium** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria ligtu ssp. incarnata** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala phycelloides** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala laeta** | Bulbosas endémicas |
| **Dalea azurea** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria ligtu ssp. ligtu** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala splendens** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala moelleri** | Bulbosas endémicas |
| **Deuterocohnia chrysantha** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria ligtu ssp. simsii** | Plantas perennes endémicas | **Senecio murinus** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala montana** | Bulbosas endémicas |
| **Dinemagonum ericoides** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria magnifica ssp. magenta** | Plantas perennes endémicas | **Sisyrinchium junceum ssp. Depauperatum** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala phycelloides** | Bulbosas endémicas |
| **Dinemagonum gayanum** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria magnifica ssp. magnifica** | Plantas perennes endémicas | **Sisyrinchium pearcei** | Plantas perennes endémicas | **Rhodophiala splendens** | Bulbosas endémicas |
| **Echinopsis chiloensis** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria magnifica ssp. magnifica** | Plantas perennes endémicas | **Sisyrinchium scirpoideum var. scirpoideum** | Plantas perennes endémicas | **Solaria brevicoalita** | Bulbosas endémicas |
| **Echinopsis chiloensis ssp. littoralis** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria magnifica var. sierrae** | Plantas perennes endémicas | **Solanum remyanum** | Plantas perennes endémicas | **Tigridia philippiana** | Bulbosas endémicas |
| **Echinopsis deserticola** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria magnifica var. tofoensis** | Plantas perennes endémicas | **Solaria brevicoalita** | Plantas perennes endémicas | **Valeriana sp. #1103** | Bulbosas endémicas |
| **Eulychnia castanea** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria pallida** | Plantas perennes endémicas | **Stachys pannosa** | Plantas perennes endémicas | **Zephyra compacta** | Bulbosas endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Euphorbia lactiflua** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria pelegrina** | Plantas perennes endémicas | **Stachys philippiana** | Plantas perennes endémicas | **Aristolochia bridgesii** | Rastrera endémicas |
| **Euphrasia andicola** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria philippii var. albicans** | Plantas perennes endémicas | **Stellaria chilensis** | Plantas perennes endémicas | **Aristolochia chilensis** | Rastrera endémicas |
| **Fabiana viscosa** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria philippii var. philippii** | Plantas perennes endémicas | **Tecophilaea violiflora** | Plantas perennes endémicas | **Aristolochia chilensis** | Rastrera endémicas |
| **Flourensia thurifera** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria presliana ssp. australis** | Plantas perennes endémicas | **Tillandsia geissei** | Plantas perennes endémicas | **Dinemagonum ericoides** | Rastrera endémicas |
| **Fuchsia lycioides** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria pseudospatulata** | Plantas perennes endémicas | **Tillandsia landbeckii** | Plantas perennes endémicas | **Dioscorea fastigiata** | Rastrera endémicas |
| **Galium eriocapium** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria pulchra ssp. pulchra** | Plantas perennes endémicas | **Tiquilia atacamensis** | Plantas perennes endémicas | **Leontochir ovallei** | Rastrera endémicas |
| **Galium trichocarpum** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria pulchra var. maxima** | Plantas perennes endémicas | **Trichocline aurea** | Plantas perennes endémicas | **Menonvillea cuneata** | Rastrera endémicas |
| **Glandularia atacamensis** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria revoluta** | Plantas perennes endémicas | **Trichopetalum plumosum** | Plantas perennes endémicas | **Mutisia subulata fma. rosmarinifolia** | Rastrera endémicas |
| **Gochnatia foliolosa** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria spathulata** | Plantas perennes endémicas | **Triptilion spinosum** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum beuthii** | Rastrera endémicas |
| **Grabowskia glauca** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria umbellata** | Plantas perennes endémicas | **Tristerix aphyllus** | Plantas perennes endémicas | **Browningia candelaris** | Cactáceas endémicas |
| **Greigia landbeckii** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria versicolor** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum azureum** | Plantas perennes endémicas | **Copiapoa humilis ssp. humilis** | Cactáceas endémicas |
| **Griselinia carlomunozii** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria werdermannii** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum beuthii** | Plantas perennes endémicas | **Copiapoa krainziana** | Cactáceas endémicas |
| **Griselinia scandens** | Arbustos endémicos | **Alstroemeria werdermannii var. flavicans** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum ciliatum** | Plantas perennes endémicas | **Cumulopuntia boliviana subsp. ignescens** | Cactáceas endémicas |
| **Gutierrezia gayana** | Arbustos endémicos | **Argylia potentillaefolia** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum hookerianum ssp. austropurpureum** | Plantas perennes endémicas | **Echinopsis chiloensis ssp. littoralis** | Cactáceas endémicas |
| **Gymnophyton flexuosum** | Arbustos endémicos | **Aristolochia bridgesii** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum nubigenum** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce aurata** | Cactáceas endémicas |
| **Gymnophyton isatidicarpum** | Arbustos endémicos | **Aristolochia chilensis** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum sessilifolium** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce eriosyzoides** | Cactáceas endémicas |
| **Gymnophyton robustum** | Arbustos endémicos | **Aristolochia chilensis** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum speciosum** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce heinrichiana** | Cactáceas endémicas |
| **Gypothamnium pinifolium** | Arbustos endémicos | **Asteriscium chilense** | Plantas perennes endémicas | **Tropaeolum tricolor** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce odieri ssp. malleolata** | Cactáceas endémicas |
| **Haageocereus fascicularis** | Arbustos endémicos | **Astragalus paposanus** | Plantas perennes endémicas | **Valeriana lepidota** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce paucicostata** | Cactáceas endémicas |
| **Haplopappus foliosus** | Arbustos endémicos | **Azorella incisa** | Plantas perennes endémicas | **Valeriana sp. #1103** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce sp.** | Cactáceas endémicas |
| **Haplopappus taeda** | Arbustos endémicos | **Balbisia peduncularis** | Plantas perennes endémicas | **Viola glacialis** | Plantas perennes endémicas | **Eriosyce taltalensis ssp. pygmaea** | Cactáceas endémicas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Haplopappus velutinus** | Arbustos endémicos | **Bipinnula apinnula** | Plantas perennes endémicas | **Werdermannia anethifolia** | Plantas perennes endémicas | **Haageocereus fascicularis** | Cactáceas endémicas |
| **Heliotopium floridum** | Arbustos endémicos | **Bipinnula fimbriata** | Plantas perennes endémicas | **Zephyra compacta** | Plantas perennes endémicas | **Maihueniopsis domeykoensis** | Cactáceas endémicas |
| **Heliotropium chenopodiaceum** | Arbustos endémicos | **Bipinnula plumosa** | Plantas perennes endémicas | **Zephyra elegans** | Plantas perennes endémicas | **Maihueniopsis grandiflora** | Cactáceas endémicas |
| **Heliotropium filifolium** | Arbustos endémicos | **Brachystele unilateralis** | Plantas perennes endémicas | **Alstroemeria graminea** | Flores anuales endémicas | **Neowerdermannia chilensis** | Cactáceas endémicas |

Anexo 2: Especies de bajo consumo hídrico

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acacia caven** | Árboles | **Acaeca argentea** | Arbustos | **Escallonia rubra** | Arbustos | **Rosmarinus officinalis** | Arbustos |
| **Acacia dealbata** | Árboles | **Acaena pinnatifida** | Arbustos | **Fabiana imbricata** | Arbustos | **Rubus geoides** | Arbustos |
| **Acacia melanoxylon** | Árboles | **Adesmia aphyla** | Arbustos | **Fagonia chilensis** | Arbustos | **Ruta graveolens** | Arbustos |
| **Aextoxicon punctatum** | Árboles | **Adesmia atacamensis** | Arbustos | **Famatina cisandina** | Arbustos | **Salpiglossis sinuata** | Arbustos |
| **Ailanthus altissima** | Árboles | **Adesmia longipes** | Arbustos | **Fuchsia lycioides** | Arbustos | **Salvia tubiflora** | Arbustos |
| **Amomyrtus luma** | Árboles | **Adesmia parvifolia** | Arbustos | **Fuchsia magellanica** | Arbustos | **Satureja gilliesii** | Arbustos |
| **Amomyrtus meli** | Árboles | **Agave ferox** | Arbustos | **Gaultheria pumila** | Arbustos | **Satureja multiflora** | Arbustos |
| **Araucaria araucana** | Árboles | **Allium neapolitanum** | Arbustos | **Gavilea araucana** | Arbustos | **Schinus polygamus** | Arbustos |
| **Austrocedrus chilensis** | Árboles | **Alstroemeria angustifolia** | Arbustos | **Gavilea glandulifera** | Arbustos | **Schizanthus coccineus** | Arbustos |
| **Azara lanceolata** | Árboles | **Alstroemeria aurea** | Arbustos | **Gavilea lutea** | Arbustos | **Schizanthus grahamii** | Arbustos |
| **Bauhinia candicans** | Árboles | **Alstroemeria crispata** | Arbustos | **Gavilea odoratissima** | Arbustos | **Schizanthus hookerii** | Arbustos |
| **Beilschmiedia bertoroana** | Árboles | **Alstroemeria exerens** | Arbustos | **Gavilea venosa** | Arbustos | **Schizanthus lacteus** | Arbustos |
| **Beilschmiedia miersii** | Árboles | **Alstroemeria leporina** | Arbustos | **Gentiana prostrata** | Arbustos | **Schizanthus litoralis** | Arbustos |
| **Bleoharocalyx Cruchshanksii** | Árboles | **Alstroemeria ligtu** | Arbustos | **Geum magellanicum** | Arbustos | **Schizanthus pinnatus** | Arbustos |
| **Brachychiton populneum** | Árboles | **Alstroemeria magnifica** | Arbustos | **Gilliesia montana** | Arbustos | **Senecio fistulosus** | Arbustos |
| **Caesalpinia spinosa** | Árboles | **Alstroemeria pelegrina** | Arbustos | **Glandularia atacamensis** | Arbustos | **Senna birostris var. arequipensis** | Arbustos |
| **Caldcluvia paniculata** | Árboles | **Alstroemeria philippii** | Arbustos | **Granado enano** | Arbustos | **Senna candolleana** | Arbustos |
| **Carica chilensis** | Árboles | **Alstroemeria presliana** | Arbustos | **Greigia landbeckii** | Arbustos | **Senna cumingii var. alcaparra** | Arbustos |
| **Catalpa bignonioides** | Árboles | **Alstroemeria pseudospathulata** | Arbustos | **Greigia sphacelata** | Arbustos | **Senna cumingii var. coquimbensis** | Arbustos |
| **Catalpa speciosa** | Árboles | **Alstroemeria pulchra** | Arbustos | **Gunnera tinctoria** | Arbustos | **Sisyrinchium junceum ssp. junceum** | Arbustos |
| **Cedrus atlantica** | Árboles | **Alstroemeria schizanthoides** | Arbustos | **Gymnophyton isatidicarpum** | Arbustos | **Solanum lycopersicoides** | Arbustos |
| **Celtis australis** | Árboles | **Alstroemeria spathulata** | Arbustos | **Hebe salicifolia** | Arbustos | **Solaria brevicoalita** | Arbustos |
| **Ceratonia siliqua** | Árboles | **Alstroemeria umbellata** | Arbustos | **Heliotropium filifolium** | Arbustos | **Solaria miersioides** | Arbustos |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Citronella mucronata** | Árboles | **Alstroemeria versicolor** | Arbustos | **Heliotropium lineariifolium** | Arbustos | **Solenomelus pedunculatus** | Arbustos |
| **Copiapoa calderana** | Árboles | **Alstroemeria violacea** | Arbustos | **Heliotropium pycnophyllum** | Arbustos | **Sophora macrocarpa** | Arbustos |
| **Copiapoa cinerea** | Árboles | **Alstroemeria werdermannii** | Arbustos | **Heliotropium sinuatum** | Arbustos | **Stipa** | Arbustos |
| **Copiapoa coquimbana** | Árboles | **Anagallis alternifolia** | Arbustos | **Herbertia lahue** | Arbustos | **Strelitzia reginae** | Arbustos |
| **Copiapoa dealbata** | Árboles | **Anemone decapetala** | Arbustos | **Hydrangea serratifolia** | Arbustos | **Tagetes multiflora** | Arbustos |
| **Copiapoa krainziana** | Árboles | **Anemone moorei** | Arbustos | **Hypericum androsaemum** | Arbustos | **Tarasa operculata** | Arbustos |
| **Copiapoa longistaminea** | Árboles | **Anemone rigida** | Arbustos | **Hypericum perforatum** | Arbustos | **Teucrium bicolor** | Arbustos |
| **Copiapoa serpentisculata** | Árboles | **Anisomeria littoralis** | Arbustos | **Iris tenax** | Arbustos | **Teucrium nudicaule** | Arbustos |
| **Crinodendron hookerianum** | Árboles | **Araucaria angustifolia** | Arbustos | **Juniperus chinensis** | Arbustos | **Tigridia philippiana** | Arbustos |
| **Crinodendron patagua** | Árboles | **Argemone hunnemannii** | Arbustos | **Lapageria rosea** | Arbustos | **Tragopogon pratensis** | Arbustos |
| **Cryptocarya alba** | Árboles | **Argylia radiata** | Arbustos | **Lathyrus subandinu** | Arbustos | **Trevoa quinquinervia** | Arbustos |
| **Cumulopuntia boliviana** | Árboles | **Aristolochia chilensis** | Arbustos | **Latua pubiflora** | Arbustos | **Trichopetalum plumosum** | Arbustos |
| **Cumulopuntia sphaerica** | Árboles | **Asteranthera ovata** | Arbustos | **Laurentina** | Arbustos | **Tropaeolum hookerianum** | Arbustos |
| **Cupressus sempervirens** | Árboles | **Azara alpina** | Arbustos | **Lavandula officinalis** | Arbustos | **Tropaeolum incisum** | Arbustos |
| **Dasyphyllum diacanthoides** | Árboles | **Azara celastrina** | Arbustos | **Lavandula stoechas** | Arbustos | **Tropaeolum leptophyllum** | Arbustos |
| **Dracaena marginata** | Árboles | **Azara dentata** | Arbustos | **Leontochir ovallei** | Arbustos | **Tropaeolum majus** | Arbustos |
| **Drimys winteri** | Árboles | **Azara integrifolia** | Arbustos | **Leptocarpha rivularis** | Arbustos | **Tropaeolum sessilifolium** | Arbustos |
| **Elaeagnus angustifolia** | Árboles | **Azara microphylla** | Arbustos | **Leucocoryne appendiculata** | Arbustos | **Typha angustifolia** | Arbustos |
| **Embothrium coccineum** | Árboles | **Azorella compacta** | Arbustos | **Leucocoryne coquimbensis** | Arbustos | **Ugni molinae** | Arbustos |
| **Eriosyce rodentiophila** | Árboles | **Azorella lycopodioides** | Arbustos | **Leucocoryne coronata** | Arbustos | **Valeriana graciliceps** | Arbustos |
| **Escallonia illinita** | Árboles | **Baccharis linearis** | Arbustos | **Leucocoryne ixioides** | Arbustos | **Vicia bijuga** | Arbustos |
| **Escallonia revoluta** | Árboles | **Baccharis macraei** | Arbustos | **Leucocoryne purpurea** | Arbustos | **Vicia magnifolia** | Arbustos |
| **Eucryphia cordifolia** | Árboles | **Baccharis magellanica** | Arbustos | **Leucocoryne violascens** | Arbustos | **Viguiera revoluta** | Arbustos |
| **Eulychnia iquiquensis** | Árboles | **Bahía ambrosoides** | Arbustos | **Leucocoryne vitatta** | Arbustos | **Vinca mayor** | Arbustos |
| **Euphorbia antarctica** | Árboles | **Balbisia microphylla** | Arbustos | **Libertia chilensis** | Arbustos | **Viola atropurpurea** | Arbustos |
| **Euphorbia pulcherrima** | Árboles | **Balbisia peduncularis** | Arbustos | **Loasa lateritia** | Arbustos | **Viola congesta** | Arbustos |
| **Fitzroya cupressoides** | Árboles | **Barneoudia major** | Arbustos | **Lobelia excelsa** | Arbustos | **Viola litoralis** | Arbustos |
| **Fraxinus americana** | Árboles | **Bellis perennis** | Arbustos | **Lobelia tupa** | Arbustos | **Viola maculata** | Arbustos |
| **Fraxinus excelsior** | Árboles | **Berberidopsis actinacantha** | Arbustos | **Lophosoria quadripinnata** | Arbustos | **Viola portalesia** | Arbustos |
| **Geoffroea decorticans** | Árboles | **Berberidopsis corallina** | Arbustos | **Luma chequen** | Arbustos | **Viola reichei** | Arbustos |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gevuina avellana** | Árboles | **Berberis empetrifolia** | Arbustos | **Lupinus oreophilis** | Arbustos | **Viola subandina** | Arbustos |
| **Gomortega keule** | Árboles | **Bignonia** | Arbustos | **Malva assurgentiflora** | Arbustos | **Viola volcanica** | Arbustos |
| **Jacaranda mimosifolia** | Árboles | **Bipinnula apinnula** | Arbustos | **Maytenus chubutensis** | Arbustos | **Agapanthus africanus** | Arbustos |
| **Jovellana punctata** | Árboles | **Bipinnula fimbriata** | Arbustos | **Mimulus cupreus** | Arbustos | **Hibiscus sp.** | Arbustos |
| **Jubaea chilensis** | Árboles | **Bipinnula plumosa** | Arbustos | **Mimulus luteus** | Arbustos | **Malesherbia linearifolia** | Arbustos |
| **Juglans nigra** | Árboles | **Blechnum chilense** | Arbustos | **Mimulus naiandinus** | Arbustos | **Browningia candelaris** | Cactáceas |
| **Kageneckia angustifolia** | Árboles | **Bomarea salsilla** | Arbustos | **Mutisia sinuata** | Arbustos | **Cactáceae** | Cactáceas |
| **Kageneckia oblonga** | Árboles | **Boquila trifoliolata** | Arbustos | **Mutisia subulata** | Arbustos | **Echinopsis chiloensis** | Cactáceas |
| **Koelreuteria paniculata** | Árboles | **Brachystele unilateralis** | Arbustos | **Myrceugenia lanceolata** | Arbustos | **Maihuenia poeppigii** | Cactáceas |
| **Laurelia sempervirens** | Árboles | **Buddleja globosa** | Arbustos | **Myrceugenia ovata** | Arbustos | **Neowerdermannia chilensis** | Cactáceas |
| **Laureliopsis philippiana** | Árboles | **Caesalpinia gilliesii** | Arbustos | **Myrcianthes coquimbensis** | Arbustos | **Opuntia ficus indica** | Cactáceas |
| **Laurus nobilis** | Árboles | **Caiophora chuquitensis** | Arbustos | **Narcissus tazeta** | Arbustos | **Oreocereus hempellianus** | Cactáceas |
| **Legrandia Concinna** | Árboles | **Caiophora cirsiifolia** | Arbustos | **Nassauvia axillaris** | Arbustos | **Oreocereus leucotrichus** | Cactáceas |
| **Lithrea caustica** | Árboles | **Caiophora coronata** | Arbustos | **Nassauvia digitada** | Arbustos | **Oreopolus glacialis** | Cactáceas |
| **Lomatia dentata** | Árboles | **Calandrina colchagüensis** | Arbustos | **Nassauvia lagascae** | Arbustos | **Alyssum maritimun** | Cubresuelos |
| **Lomatia ferruginea** | Árboles | **Calandrinia taltalensis** | Arbustos | **Nassauvia pinnigera** | Arbustos | **Chrysanthemum coronarium** | Cubresuelos |
| **Lomatia hirsuta** | Árboles | **Calceolaria alba** | Arbustos | **Nassauvia pyramidalis** | Arbustos | **Hypericum calycinum** | Cubresuelos |
| **Luma apiculata** | Árboles | **Calceolaria arachnoidea** | Arbustos | **Nastanthus agglomeratus** | Arbustos | **Iberis sempervirens** | Cubresuelos |
| **Maclura pomifera** | Árboles | **Calceolaria cana** | Arbustos | **Nertera granadensis** | Arbustos | **Ipomoea purpurea** | Cubresuelos |
| **Maytenus boaria** | Árboles | **Calceolaria meyenianana** | Arbustos | **Nicotiana acuminata** | Arbustos | **Mesembrianthemum gramineum** | Cubresuelos |
| **Maytenus magellanica** | Árboles | **Calceolaria nitida** | Arbustos | **Nicotiana glauca** | Arbustos | **Vitadinia** | Cubresuelos |
| **Melia azedarach** | Árboles | **Caltha sagittata** | Arbustos | **Nierembergia repens** | Arbustos | **Carex brunnea** | Gramíneas |
| **Myrceugenia correifolia** | Árboles | **Carpobrotus aequilaterus** | Arbustos | **Nolana aplocaryoides** | Arbustos | **Cortaderia atacamensis** | Gramíneas |
| **Myrceugenia exsucca** | Árboles | **Cassia tomentosa** | Arbustos | **Nolana carnosa** | Arbustos | **Cortaderia rudiuscula** | Gramíneas |
| **Myrceugenia planipes** | Árboles | **Centaurea cachinalensis** | Arbustos | **Nolana elegans** | Arbustos | **Cortaderia selloana** | Gramíneas |
| **Nothofagus alessandrii** | Árboles | **Centaurea chilensis** | Arbustos | **Nolana linearifolia** | Arbustos | **Festuca** | Gramíneas |
| **Nothofagus alpina** | Árboles | **Centaurea floccosa** | Arbustos | **Nolana mollis** | Arbustos | **Miscanthus sinensis** | Gramíneas |
| **Nothofagus antarctica** | Árboles | **Centranthus ruber** | Arbustos | **Nolana paradoxa** | Arbustos | **Alonsoa meridionalis** | Herbáceas |
| **Nothofagus betuloides** | Árboles | **Cercis siliquastrum** | Arbustos | **Nolana ramosissima** | Arbustos | **Calandrinia grandiflora** | Herbáceas |
| **Nothofagus dombeyi** | Árboles | **Cestrum parqui** | Arbustos | **Nolana sedifolia** | Arbustos | **Erysimum** | Herbáceas |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nothofagus glauca** | Árboles | **Chaenomeles lagenaria** | Arbustos | **Nymphaea alba** | Arbustos | **Fellicia ameloides** | Herbáceas |
| **Nothofagus macrocarpa** | Árboles | **Chloraea alpina** | Arbustos | **Ochagavia carnea** | Arbustos | **Gazania rigens** | Herbáceas |
| **Nothofagus nitida** | Árboles | **Chloraea bletioides** | Arbustos | **Ochagavia litoralis** | Arbustos | **Glandularia berteroi** | Herbáceas |
| **Nothofagus obliqua** | Árboles | **Chloraea chrysantha** | Arbustos | **Olsynium frigidum** | Arbustos | **Knifofia uvaria** | Herbáceas |
| **Nothofagus pumilio** | Árboles | **Chloraea cristata** | Arbustos | **Orites myrtoidea** | Arbustos | **Oenothera acaulis** | Herbáceas |
| **Olea europea** | Árboles | **Chloraea cylindrostachya** | Arbustos | **Ourisia alpina** | Arbustos | **Pasithaea coerulea** | Herbáceas |
| **Ovidia pillo pillo** | Árboles | **Chloraea disoides** | Arbustos | **Ourisia poeppigii** | Arbustos | **Phycella bicolor** | Herbáceas |
| **Parkinsonia aculeata** | Árboles | **Chloraea galeata** | Arbustos | **Ourisia ruelloides** | Arbustos | **Phycella ignea** | Herbáceas |
| **Persea Lingue** | Árboles | **Chloraea gaudichaudi** | Arbustos | **Ovidia andina** | Arbustos | **Phycella scarlatina** | Herbáceas |
| **Peumus boldus** | Árboles | **Chloraea grandiflora** | Arbustos | **Oxalis adenophylla** | Arbustos | **Sisyrinchium arenarium** | Herbáceas |
| **Phoenix canariensis** | Árboles | **Chloraea heteroglossa** | Arbustos | **Oxalis pes-caprae** | Arbustos | **Sisyrinchium azureum** | Herbáceas |
| **Pilgerodendron uviferum** | Árboles | **Chloraea longipetala** | Arbustos | **Pachylaena atriplicifolia** | Arbustos | **Sisyrinchium cuspidatum** | Herbáceas |
| **Podocarpus nubigenus** | Árboles | **Chloraea magellanica** | Arbustos | **Papaver somniferum** | Arbustos | **Sisyrinchium graminifolium** | Herbáceas |
| **Podocarpus saligna** | Árboles | **Chloraea nudilabia** | Arbustos | **Papaver sp.** | Arbustos | **Sisyrinchium striatum** | Herbáceas |
| **Polylepis regulosa** | Árboles | **Chloraea viridiflora** | Arbustos | **Phacelia brachyanta** | Arbustos | **Solidago chilensis** | Herbáceas |
| **Polylepis tarapacana** | Árboles | **Chrysanthemum frutescens** | Arbustos | **Philesia magellanica** | Arbustos | **Verbena gynobasis** | Herbáceas |
| **Populus tremuloides** | Árboles | **Chuquiraga oppositifolia** | Arbustos | **Phormium tenax** | Arbustos | **Viola arvensis** | Herbáceas |
| **Prosopis alba** | Árboles | **Cistanthe salsoloides** | Arbustos | **Phytolacca bogotensis** | Arbustos | **Viola cotyledon** | Herbáceas |
| **Prosopis chilensis** | Árboles | **Cleome chilensis** | Arbustos | **Placea amoena** | Arbustos | **Ampelopsis quinquefolia** | Trepadoras |
| **Prosopis tamarugo** | Árboles | **Colletia spinosa** | Arbustos | **Placea ornata** | Arbustos | **Bougainvillea glabra** | Trepadoras |
| **Prunus virginiana** | Árboles | **Colletia ulicina** | Arbustos | **Pleurophora pungens** | Arbustos | **Cissus striata** | Trepadoras |
| **Pseudopanax laetevirens** | Árboles | **Colliguaja odorifera** | Arbustos | **Porlieria chilensis** | Arbustos | **Clematis flammulla** | Trepadoras |
| **Quercus ilex** | Árboles | **Cordia decandra** | Arbustos | **Pouteria splendens** | Arbustos | **Disctitis buccinatoria** | Trepadoras |
| **Quercus nigra** | Árboles | **Coriaria ruscifolia** | Arbustos | **Punica granatum** | Arbustos | **Lantara camara** | Trepadoras |
| **Quercus robur** | Árboles | **Corryocactus brevistylus** | Arbustos | **Puya berteroniana** | Arbustos | **Lardizabala biternata** | Trepadoras |
| **Quillaja saponaria** | Árboles | **Corynabutilon ceratocarpum** | Arbustos | **Puya chilensis** | Arbustos | **Mutisia cana** | Trepadoras |
| **Retanilla ephedra** | Árboles | **Corynabutilon viride** | Arbustos | **Puya coerulea** | Arbustos | **Mutisia decurrens** | Trepadoras |
| **Ricinus communis** | Árboles | **Corynabutilon vitifolium** | Arbustos | **Puya venusta** | Arbustos | **Mutisia hamata** | Trepadoras |
| **Salix babylonica** | Árboles | **Crataegus monogyna** | Arbustos | **Rhaphithamnus spinosus** | Arbustos | **Mutisia ilicifolia** | Trepadoras |
| **Salix humboldtiana** | Árboles | **Cristaria gracillis** | Arbustos | **Rhodophiala advena** | Arbustos | **Mutisia linearifolia** | Trepadoras |
| **Salix viminalis** | Árboles | **Cristaria integerrima** | Arbustos | **Rhodophiala ananuca** | Arbustos | **Mutisia rosea** | Trepadoras |

| Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo | Nombre científico | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sambucus nigra** | Árboles | **Cruckshanksia hymenodon** | Arbustos | **Rhodophiala andicola** | Arbustos | **Passiflora pinnatistipula** | Trepadoras |
| **Saxegothaea conspicua** | Árboles | **Dalea pennellii** | Arbustos | **Rhodophiala araucana** | Arbustos | **Passiflora tripartita** | Trepadoras |
| **Schinus latifolius** | Árboles | **Desfontainia spinosa** | Arbustos | **Rhodophiala bagnoldii** | Arbustos | **Rosa sp.** | Trepadoras |
| **Schinus molle** | Árboles | **Digitalis purpurea** | Arbustos | **Rhodophiala bakeri** | Arbustos | **Rubus ulmifolius** | Trepadoras |
| **Schinus montanus** | Árboles | **Drimys andina** | Arbustos | **Rhodophiala laeta** | Arbustos | **Sarmienta repens** | Trepadoras |
| **Sequoia sempervirens** | Árboles | **Dunalia spinosa** | Arbustos | **Rhodophiala moelleri** | Arbustos | **Solanum ligustrinum** | Trepadoras |
| **Sophora cassioides** | Árboles | **Eccremocarpus scaber** | Arbustos | **Rhodophiala montana** | Arbustos | **Tecomaria capensis** | Trepadoras |
| **Tepualia stipularis** | Árboles | **Echinopsis atacamensis** | Arbustos | **Rhodophiala phycelloides** | Arbustos | **Tropaeolum beuthii** | Trepadoras |
| **Ulmus campestris** | Árboles | **Empetrum rubrum** | Arbustos | **Rhodophiala pratensis** | Arbustos | **Tropaeolum brachyceras** | Trepadoras |
| **Ulmus pumila** | Árboles | **Erigeron leptopetalus** | Arbustos | **Rhodophiala rhodolirion** | Arbustos | **Tropaeolum ciliatum** | Trepadoras |
| **Acacia redolens** | Arbustos | **Eriosyce aurata** | Arbustos | **Rhodophiala splendens** | Arbustos | **Tropaeolum speciosum** | Trepadoras |
| **Acaeca antarctica** | Arbustos | **Escallonia pulverulenta** | Arbustos | **Ribes magellanicum** | Arbustos | **Tropaeolum tricolor** | Trepadoras |
| **Acacia caven** | Árboles | **Acaeca argentea** | Arbustos | **Escallonia rubra** | Arbustos | | |
| **Acacia dealbata** | Árboles | **Acaena pinnatifida** | Arbustos | **Fabiana imbricata** | Arbustos | | |
| **Acacia melanoxylon** | Árboles | **Adesmia aphyla** | Arbustos | **Fagonia chilensis** | Arbustos | | |
| **Aextoxicon punctatum** | Árboles | **Adesmia atacamensis** | Arbustos | **Famatina cisandina** | Arbustos | | |

# Apéndice 22: Agua. Paisajismo Riego

Para validar este requerimiento de ahorro en el consumo de agua para riego, en primer lugar, se debe calcular la demanda estimada de agua para riego del proyecto y la demanda de referencia, en el mes más caluroso del año, para luego determinar la disminución porcentual de la primera respecto a la segunda.

La metodología es conocida como la presentada por la Comisión Nacional de riego que se basa en cubrir la cantidad de agua evapotranspirada en cada grupo de paisajismo. En la Ecuación 6-10 y Ecuación 6-11 se puede observar la forma de cálculo de demanda de agua para riego del caso referencial y del proyecto.

**Ecuación 6-10: Demanda de agua para riego referencial**

$$DR_r = \sum_{i=1}^{10} \frac{S_i \cdot ETL_{mm,i}}{0{,}5}$$

Fuente: Elaboración propia en base a Comisión Nacional de Riego y CESv1.1

**Ecuación 6-11: Demanda de agua para riego del proyecto**

$$DR = \sum_{i=1}^{10} \frac{S_i \cdot ETL_{mm,i} \cdot CE_i}{IE_i}$$

Fuente: Elaboración propia en base a Comisión Nacional de Riego y CESv1.1

Donde:

- i = Es el grupo que se está evaluando (de 1 a 10).
- DRr = Demanda de agua para riego referencial en litros.
- DR = Demanda de agua para riego del proyecto en litros.
- Si = Superficie de paisajismo en m2 del grupo i. Este valor debe ser igual para referencia y proyecto.
- ETLmm,i = Evapotranspiración del sector i de paisajismo. Este valor debe ser igual para referencia y proyecto y es el que se obtiene de la Ecuación 6-8 para caga grupo.
- IEi = Eficiencia del sistema riego del sector i. Las eficiencias de los sistemas de riego se pueden observar en la Tabla 21.1
- CEi = Eficiencia del controlador de riego del sector i. Las eficiencias de los sistemas de riego se pueden observar en la Tabla 22.2

Tabla 22.1: Eficiencia según tipo de riego

| Tipo de riego | Eficiencia (IE) |
|---|---|
| Tendido | 30% |
| Surcos | 45% |
| Manguera | 50% |
| Borde y pretiles | 60% |
| Taza y californiano | 65% |
| Aspersión (impacto) | 75% |
| Aspersión (boquilla fija y rotores) | 80% |
| Aspersión (rotores MP) | 85% |
| Microjet y micro-aspersores | 85% |
| Cinta | 90% |
| Goteo | 90% |

Fuente: elaboración propia en base a Comisión Nacional de Riego

Tabla 22.2: Eficiencia según tipo de controlador de riego

| Tipo de controlador | Descripción | Eficiencia | Factor de eficiencia (CE) |
|---|---|---|---|
| Sin controlador | Sistema sin controlador de riego, por lo que depende del accionamiento manual de las llaves de agua. | 0% | 1 |
| Mecánicos | Basados en relojes de cuerda o presión hidráulica para operar válvulas. No requieren electricidad. | 70% | 0,9 |
| Eléctricos | Utilizan temporizadores y relés para controlar el flujo de agua a través de válvulas eléctricas. Son programables a intervalos fijos. | 80% | 0,8 |
| Electrónicos y digitales | Incorporan tecnologías como sensores de humedad del suelo, meteorológicos, y conectividad IoT para ajustar los horarios de riego dinámicamente. | 90% | 0,7 |

Fuente: elaboración propia en base a Jensen (2007), Michael (2008) y Fisher (2012)

Finalmente se calcula el porcentaje de reducción de ahorro de agua para riego según la Ecuación 22.1.

**Ecuación 22-1: Demanda de agua para riego del proyecto**

$$Porcentaje\ de\ reducción\ agua\ para\ riego = \frac{DR - Agua\ reciclada\ y\ recoleccionada\ utilizada\ para\ riego}{DR_r} \cdot 100\%$$

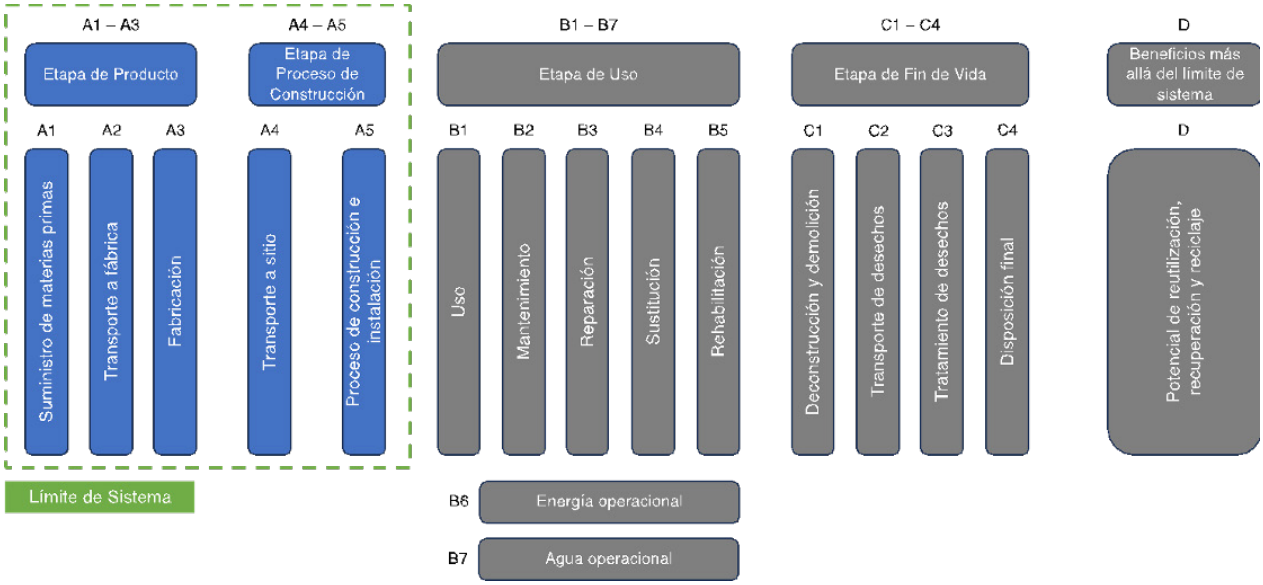
Fuente: Elaboración propia en base a CESv1.1

# Apéndice 23: Carbono Contenido

El carbono contenido o huella de carbono hace referencia a la suma de los impactos ambientales que tienen diversos gases de efecto invernadero en la atmósfera expresados en $CO_2$ equivalente, lo cual permite tener una unidad de medida en común para poder sumar y comparar las emisiones de distintos gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono ($CO_2$), metano (CH4) y óxido nitroso (N2O).

De acuerdo con la normativa europea EN15978:2011 "Sostenibilidad en la construcción: Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo", el objetivo de esta metodología de cálculo es proporcionar reglas de cálculo para la evaluación del comportamiento ambiental de edificios nuevos y existentes.

Figura 23.1: Esquema de módulos considerados para cálculo de carbono contenido




Fuente: Elaboración Propia en base a Normativa Europea EN 15978 (European Committee for Standardization, 2011)

Para el cálculo del carbono contenido de un edificio se deben seguir los siguientes pasos:

1. **Definición de límite de sistema:** El límite de sistema se refiere a todos los procesos que son considerados en la evaluación del ciclo de vida. Para el cálculo del carbono contenido, el límite de sistema estará limitado entre los módulos A1 y A5, de acuerdo con los lineamientos de la norma EN 15978 (ver figura 9.1), los cuales se detallan a continuación.
   - **Etapa de producto (A1 – A3):** Está relacionada con la huella ambiental asociada a los materiales utilizados en la construcción, desde la extracción de sus materias primas hasta su transporte a los centros de distribución. Este enfoque se denomina "de la cuna a la tumba" (conocido en inglés como "cradle to gate") y las reglas para determinar los aspectos e impactos ambientales de un producto de construcción se detallan en la normativa europea EN 15804. Estos datos deberán provenir de las fichas de información ambiental de los materiales o productos.
   - **Etapa de proceso de construcción (A4 – A5):** Esta etapa considera los procesos desde la puerta del centro de distribución de los distintos materiales hasta la finalización de la obra en construcción. Estos datos deberán provenir de las fichas de información ambiental de los materiales o productos. En caso de que algún material o producto de construcción no posea información de los módulos A4 y/o A5 declarada en su ficha, se podrá omitir dicho módulo para el cálculo de carbono contenido.
2. **Recopilación de datos:** El cálculo de carbono contenido requiere de dos datos relevantes: el índice GWP total del material o producto a utilizar y la cantidad de dicho material o producto. El índice GWP total deberá provenir de la ficha de información ambiental declarada de los productos; mientras que la cantidad de material deberá provenir del itemizado oficial o del presupuesto oficial del proyecto en evaluación. Si un material o producto posee una unidad de medida distinta a la indicada en la ficha de información ambiental, se deberá transformar dicha unidad mediante un cálculo debidamente justificado para que coincida con el índice de calentamiento global declarado.

3. **Cálculo de carbono contenido:** El carbono contenido en cada etapa del ciclo de vida deberá expresarse en toneladas de $CO_2$ equivalente [ton $CO_2$ eq].

- **Etapa de producto (A1 – A3):** Las emisiones de esta etapa corresponden a la sumatoria de todas las cantidades de material del proyecto multiplicada por su índice de calentamiento global respectivo.

$$[A1 - A3] = \sum_{i=1}^{n} Cantidad\ de\ Material\ \times\ GWP\ del\ Material$$

Donde "n" corresponde a la totalidad de materiales del proyecto

- **Transporte a sitio (A4):** El cálculo de la etapa A4 está relacionado con el transporte de los materiales al sitio de la obra, por lo que las distancias a considerar deberán ser referencia entre la ubicación exacta del proyecto y un punto de distribución de materiales determinado. El índice de calentamiento global considerado depende del tipo de transporte utilizado para transportar el material o producto, de acuerdo con lo especificado en la tabla 23.1

Tabla 23.1: Índices de calentamiento global (GWP) según vehículo de carga

| Tipo de Transporte | Índice de calentamiento global [kg $CO_2$ eq / km] |
|---|---|
| Van [1 ton] | 0,5635 |
| Camión [3 ton] | 0,6276 |
| Camión [11 ton] | 0,9537 |

Finalmente, el impacto de la etapa 4 corresponde a la sumatoria de todas las distancias del material a la obra multiplicada por la cantidad de viajes y por el índice de calentamiento global del vehículo utilizado.

$$[A4] = \sum_{i=1}^{n} Distancia\ a\ Obra\ \times\ Nro\ de\ Viajes\ \times\ GWP\ de\ transporte$$

- **Proceso de construcción e instalación (A5):** Las emisiones de esta etapa corresponden a la sumatoria de todas las cantidades de material del proyecto multiplicada por el índice de calentamiento global correspondiente al módulo A5.

$$[A5] = \sum_{i=1}^{n} Cantidad\ de\ Material\ \times\ GWP\ del\ Material$$

Donde "n" corresponde a la totalidad de materiales del proyecto

En el caso que el material o producto no posea el cálculo de su módulo A5, este podrá no ser considerado.

El cálculo de carbono contenido podrá ser realizado mediante una planilla que contenga la cuantificación de los materiales de acuerdo con los criterios exigidos y los índices de calentamiento global por cada uno de estos, debidamente respaldado por fichas de declaración ambiental de acuerdo con la EN 15804:A2. También se podrá utilizar algún software que integre este tipo de análisis junto con evaluaciones propias de la etapa del diseño, por ejemplo: el módulo de LCA en la herramienta UBAKUS, o en el software ECO-SAI, los cuales cuentan con bases de datos de materiales de construcción bajo esta misma normativa o bien pueden ser agregados manualmente por el usuario. Otra opción puede ser el uso de algún módulo complementario al software utilizado para la etapa de simulación energética, por ejemplo, el módulo de ACV y carbono incorporado en Design Builder. Finalmente, también podrán ser utilizadas herramientas más específicas como son click LCA, Open LCA, SimaPro, Umberto, Gabi, o que podría ser útil en situaciones donde las otras opciones de herramientas no fueran suficientes. De todas formas, estos análisis deberían considerar los requerimientos de la EN 15804:A2.

Cualquier omisión de información o excepciones a la metodología descrita en este apéndice, deberá estar debidamente justificada y descrita en la memoria de cálculo.

# Apéndice 24: Diseño Integrado de Anteproyecto

**Procedimientos para un Proceso de Diseño Integrado de Anteproyecto:**

**1. Definición del Encargo para el equipo de proyecto.**
El mandante y coordinador de proyecto (puede ser un ITO, el gerente de proyecto, el arquitecto jefe, etc) deben definir el encargo, objetivos generales del proyecto y las competencias requeridas de los especialistas de Eficiencia Energética y Sustentabilidad, Electricidad, Iluminación, Climatización (cuando aplique), Redes sanitarias y Arquitectura.

La "Definición del encargo para el equipo de proyecto" se comprobará mediante la generación de un documento del tipo Términos de Referencia, Bases Técnicas de Licitación, u otro similar.

**2. Definición del equipo de proyecto y Plan de trabajo.**

- **Equipo de proyecto:** Debe estar compuesto al menos por los asesores de Eficiencia Energética y Sustentabilidad, electricidad, iluminación, climatización (cuando aplique), redes sanitarias, un arquitecto a cargo del diseño y coordinador de proyecto (puede ser uno de los profesionales anteriores).
- **Plan de trabajo:** Acordar etapas en que se realizará reuniones del equipo de proyecto para decidir la estrategia, procedimientos, canales de comunicación, programas informáticos[18] a utilizar y tiempos de desarrollo de las partidas de diseño.

La "Definición del equipo de proyecto y plan de trabajo" se comprobará mediante la realización de acta(s) de la(s) reunión(es) del equipo de proyecto. Las actas deben incluir: asistentes a la reunión, hora y fecha de realización, temas tratados y los acuerdos tomados.

En caso de no existir dicha(s) acta(s), podrá(n) ser reemplazada(s) por una carta firmada por el "Cliente" y el "coordinador de proyecto", dando fe de la realización de las reuniones. Dicha carta, al igual que las actas, deben incluir los temas tratados, los asistentes y acuerdos tomados.

**3. Definición de estrategias generales de diseño.**
Elaborar un expediente o documento que reúna las condiciones climáticas del lugar de proyecto (asoleamiento, precipitaciones, humedad, viento, otros). Con este antecedente el equipo de proyecto debe definir las pautas con que desarrollará el diseño esquemático o anteproyecto (ver: Tabla 55: Estrategias de diseño pasivo, Anexo 2 Bases línea de apoyo DIEEarq de la AChEE 2013).

La "Definición de estrategias generales de diseño" se comprobará mediante la realización de acta(s) de la(s) reunión(es) del equipo de proyecto. Las actas deben incluir: asistentes a la reunión, hora y fecha de realización, temas tratados y los acuerdos tomados.

En caso de no existir dicha(s) acta(s), podrá(n) ser reemplazada(s) por una carta firmada por el "Cliente" y el "coordinador de proyecto", dando fe de la realización de las reuniones. Dicha carta, al igual que las actas, deben incluir los temas tratados, los asistentes y acuerdos tomados.

**4. Evaluación temprana de estrategias de diseño arquitectónico pasivo y sistemas activos.**

**Diseño arquitectónico pasivo:**
Realizar análisis de Calidad del ambiente interior y Eficiencia Energética mediante herramienta de análisis prestacional con planilla de cálculo[19] o programa informático[20] en etapas de diseño esquemático o anteproyecto para los siguientes escenarios:



18 Se recomienda utilizar sistemas de Modelado de información para la edificación (BIM, Building Information Modeling) para coordinar las especialidades.
19 El análisis prestacional con planilla de cálculo se podrá utilizar solamente cuando se cumplan las condiciones definidas en las condiciones de evaluación para cada requerimiento.
20 Las condiciones que deben cumplir los programas informáticos para hacer los análisis prestacional dinámico están definidas en el Apéndice 8.

- Dos o más alternativas de diseño para el confort visual mediante Iluminación natural.
- Dos o más conjuntos de envolvente térmica del edificio para evaluar y aplicar estrategias de climatización pasiva.
- Dos o más alternativas estrategias de ventilación.

Ver Tabla 50: Estrategias de diseño pasivo, Anexo 2 Bases línea de apoyo DIEEarq de la AChEE 2013

**Sistemas activos:**
- Proponer dos o más sistemas de calefacción y/o enfriamiento activo con criterios de eficiencia energética (si aplica).
- Proponer dos o más alternativas de sistemas de iluminación artificial para optimizar el uso de energía.
- Proponer artefactos sanitarios con eficiencia hídrica indicando litros por minuto o litros por descarga según corresponda (ver apéndice sistemas eficientes).
- Evaluar la incorporación de energías renovables
- Evaluar otras actividades pertinentes que permitan mejorar la información para la toma de decisión sobre la materialización del anteproyecto de Arquitectura.

Ver Tabla 51: Estrategias de diseño activo, Anexo 2 Bases línea de apoyo DIEEarq de la AChEE 2013.

**5. Informe de eficiencia energética, calidad ambiental interior y sistemas activos.**

Realizar informe que dé cuenta de:

1. **Condiciones climáticas** del lugar de proyecto (asoleamiento, precipitaciones, humedad, viento)
2. **Indicadores** de calidad del ambiente interior y eficiencia energética logrados en la Evaluación temprana de estrategias de diseño arquitectónico pasivo y sistemas activos.
3. Evaluación de la eficiencia energética de los **sistemas activos** requeridos por el proyecto.
4. Evaluación de incorporación de **energías renovables**.
5. **Evaluación económica** de las medidas planteada.
6. **Estrategias escogidas** para lograr una adecuada calidad del ambiente interior, eficiencia energética y eficiencia hídrica en la etapa de proyecto.
7. Incorporación de otras áreas que el equipo de proyecto estime pertinentes para lograr un mejor diseño en términos de eficiencia energética y calidad ambiental**,** tales como paisajismo, diseño acústico, diseño urbano u otros.

**Clasificación de medidas de eficiencia energética aplicables a anteproyectos de arquitectura de interés público** (Para optar a la línea de apoyo “Diseño Integrado para Anteproyectos de Arquitectura de interés Público” de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética).

Tabla 24.1: Estrategias de diseño pasivo, Anexo 2 Bases línea de apoyo DIEEarq de la AChEE 2013

| **Estrategias de diseño pasivo** | |
|---|---|
| Asistencia técnica en el desarrollo conceptual del anteproyecto | |
| Asesoramiento en diseño conceptual | Análisis conceptual del diseño, factor de forma del edilicio, orientación, asoleamiento, uso de vientos predominantes, proporción de vanos, sistemas constructivos a utilizarse. |
| Evaluación y diseño de envolvente de baja transmitancia térmica y riesgo de condensación | |
| 1. Materialidad de envolvente con baja transmitancia térmica.<br>2. Soluciones a puentes térmicos en envolvente.<br>3. Soluciones a infiltraciones de aire en la envolvente<br>4. Soluciones de sobrecalentamiento de techumbres.<br>5. Soluciones de condensación intersticial en muros compuestos | • Materialidad de envolvente con baja transmitancia térmica<br>• Evaluación y rediseño de encuentros muro-muro, muro-techo, muro-piso y voladizos<br>• Asesoramiento en la incorporación de membranas de aire, sellos y modelos de puertas y ventanas de baja infiltración<br>• Evaluación de la incorporación de membranas o pinturas reflectantes para reducir el sobrecalentamiento<br>• Evaluación de la incorporación de membranas de vapor |
| Evaluación y diseño de estrategias para calentamiento (calefacción) o enfriamiento (refrigeración). | |
| 1. Protecciones solares.<br>2. Espacios o dispositivos de calentamiento solar pasivo.<br>3. Espacios o dispositivos de enfriamiento solar pasivo.<br>4. Incorporación de tubo intercambiador geotérmico. | • Evaluación del aporte del uso de protecciones de vanos corno quiebra vistas, aleros o pantallas, con el objetivo de reducir ganancias solares excesivas.<br>• Evaluación y diseño de espacios solares (invernaderos), chimeneas solares, muros trombe u otros sistemas de ganancia solar indirecta.<br>• Evaluación y diseño de espacios para la incorporación de ventilación natural por estratificación de temperatura (uso de atrios o espacios centrales), uso de espacios para refrigeración evaporativa de flujo descendente.<br>• Simulación y evaluación de incorporar tubo intercambiador o “pozo canadiense” para calentamiento y/o enfriamiento |
| Evaluación de estrategias de iluminación natural | |
| Evaluación mediante indicadores | Corrección de tipología de ventanas, profundidad y altura de recintos, incorporación de dispositivos difusores de luz, atrios de luz. Evaluación mediante cálculo de indicadores de factor de luz día, autonomía lumínica y demanda de energía, iluminancia media y uniformidad de la luz. |

Tabla 24.2: Estrategias de diseño Activo, Anexo 2 Bases línea de apoyo DIEEarq de la AChEE2013.

| **Estrategias de diseño activo de eficiencia energética para etapa de anteproyecto** | |
|---|---|
| Evaluación de alternativas eficientes de generación de energía para climatización del edificio (calefacción, enfriamiento y ventilación). | Evaluación de uso de sistemas de generación eficientes en base a energías no renovables tales corno: calderas a gas, bombas de calor, etc: o en base a energías renovables, tales corno: bombas de calor geotérmicas, calderas de Biomasa con absorción, paneles solares térmicos, ruedas desecantes Uso de recuperación de calor, free-cooling, otros. |
| Evaluación de alternativas eficientes de distribución de energía para climatización del edificio | Evaluación de alternativas de sistemas de distribución y su optimización de acuerdo al sistema de generación a utilizar. |
| Evaluación de alternativas tecnológicas de iluminación artificial. | Evaluación de la optimización del confort lumínico y consumo eléctrico (en parte o el total de recintos del proyecto), en cuanto a ubicación de equipos y alternativas tecnológicas para luminarias. |
| Cálculo de desempeño de la incorporación de sistemas de eficiencia hídrica. | Evaluación de sistemas de ahorro hídrico tales como: grifería eficiente, uso de fluxómetros, inodoros y otras estrategias tales como recuperación de aguas lluvia o aguas grises. |

# Apéndice 25: Innovación: Energías limpias y electromovilidad

- 25.0 Estudio de factibilidad
- 25.1 Carga, reabastecimiento y electrolineras (internos)
- 25.2 Promoción uso vehículos sostenibles (externos)
- 25.3 Espacio de almacenamiento y operación unidades de potencia H2

## 25.0 Estudio de factibilidad: base de estaciones de cargas para vehículos impulsados por electricidad y/o hidrógeno, obligatorio para postular a los requerimientos 25.1, 25.2 o 25.3

- **Ámbito:** Terminal de pasajeros aeroportuario de cualquier escala a lo largo de todo el país.
- **Definición:** Estudio técnico que evalúa la viabilidad de instalar estaciones de carga en los estacionamientos de los terminales aeropuertos en Chile. Este análisis debe priorizar el uso de fuentes de energía renovable (como solar, eólica, geotérmica, hidráulica, mareomotriz, biomasa, entre otras), y contemplar la conexión a la red eléctrica como respaldo. El enfoque es garantizar que estas estaciones puedan contribuir a la sostenibilidad y reducción de emisiones en el entorno aeroportuario
- **Objetivo:** Determinar la viabilidad técnica, económica y operativa de implementar infraestructuras que soporten la carga de vehículos eléctricos e impulsados por hidrógeno.
- **Requerimiento:** Se debe presentar una memoria que presente en detalle el estudio de factibilidad, debe contener al menos los siguientes puntos:
    - El estudio debe utilizar fuentes de energía renovable como la principal alimentación a las estaciones de carga. Para esto se debe evaluar el potencial solar, eólico o de otras fuentes renovables de la ubicación donde el proyecto se emplaza. Esta evaluación debe realizarse utilizando información validada por el Ministerio de Energía como la que es obtenida del Explorador Solar, explorado eólico, planificación energética a largo plazo, planes estratégicos de energía regionales, estrategias de energía locales, infraestructuras de datos espaciales o realizar simulaciones y cálculos con software especiales y datos de climas validados por CES o generados según metodología ISO 15927-4 con información obtenida por estaciones inscritas en la WMO.
    - El estudio debe proyectar el crecimiento de adopción de vehículos eléctricos o impulsados por hidrógeno en la zona de emplazamiento. En esta proyección se debe considerar los tipos de vehículos y la potencia según el plan maestro del proyecto.
    - El estudio debe considerar la integración de la infraestructura de carga eléctrica con las de estacionamiento tradicional. El estudio debe identificar las áreas óptimas dentro de los estacionamientos donde se podrían instalar estaciones de carga.
    - En el estudio se debe evaluar la integración de la infraestructura eléctrica de las estaciones de carga con la infraestructura eléctrica de las otras áreas del proyecto y debe cumplir con el decreto 8/2019, el Pliego Técnico RIC N°15 y la ley general de servicios eléctricos.
    - En el estudio se debe evaluar la factibilidad económica de las estaciones de carga en el cual se debe incluir la inversión, operación y mantención.
    - El estudio de factibilidad requiere la participación de un equipo multidisciplinario que integre competencias técnicas, económicas y de planificación y que permita abordar los diversos aspectos del proyecto por lo que al menos estas tres competencias deben encontrarse presente en la memoria.
    - El estudio debe considerar que las estaciones de carga cumplan con la ley general de servicios eléctricos, el Decreto 8/2019, el pliego técnico RIC N°15, la resolución exenta N°33.675, la Resolución Exenta N°23.900/2024, la Resolución Exenta N°26.339/2018, la Resolución Exenta 33.675, la Resolución Exenta Electrónica N° 10790/2022 y la Resolución Exenta Electrónica N° 12754/2022 y la normativa vigente.

Considerar que los estacionamientos se dividen en tres tipos: los destinados a usuarios pasajeros, los reservados para funcionarios del aeropuerto, y los utilizados por servicios de acercamiento (como buses y vehículos compartidos).

## 25.1 Promoción de uso de vehículos sostenibles en Aeropuertos

- **Ámbito:** Aeropuertos de gran escala como pequeños aeródromos a lo largo de todo el país, para vehículos particulares.
- **Objetivo:** Fomentar la transición hacia la movilidad sostenible en aeropuertos, reduciendo las emisiones de gases contaminantes mediante la implementación de infraestructuras específicas para la recarga de vehículos eléctricos y de hidrógeno. Además, busca asegurar que estas instalaciones se alimenten preferentemente con fuentes de energía renovable, promoviendo un impacto ambiental positivo.
- **Requerimiento:** Para cumplir con el requerimiento, el proyecto debe presentar una memoria de cálculo que debe considerar al menos los siguientes puntos,
- **Asignación Preferente de Espacios de Estacionamiento:** La asignación preferente de espacios de estacionamiento es un componente clave para fomentar el uso de vehículos sostenibles en aeropuertos. Este criterio establece lo siguiente: teniendo como base el estudio de factibilidad realizado en el requerimiento "Estudio de factibilidad de estaciones de cargas para vehículos impulsados por electricidad y/o hidrógeno":
  - Al menos el 5% del total de espacios de estacionamiento deberán destinarse exclusivamente a vehículos sostenibles (híbridos, eléctricos y/o hidrogeno)
  - Se exige una prioridad de los espacios preferenciales en las distintas áreas del estacionamiento, considerando las necesidades de estadías de corto y largo plazo. Esta distribución sólo aplicar para estacionamientos del lado landside y para que sean considerados como preferenciales el sector de estacionamientos de vehículos sostenibles debe encontrarse al menos una distancia en línea recta de 50 metros de los estacionamientos de movilidad reducida o poseer un acceso directo a los accesos del edificio o cintas de transporte.
  - Es esencial que estos espacios estén acompañados de una señalización clara y visible que los identifique como exclusivos para vehículos eléctricos o de hidrógeno. Para cumplir con esto debe existir la señalización suficiente que permita guiar a los vehículos (en cada cruce principal debe remarcarse la dirección de los estacionamientos sostenibles) desde el estacionamiento hasta los estacionamientos para vehículos sostenibles
- **Infraestructura de carga con respuesta a la demanda**
  - Las estaciones de carga deben incluir sistemas de gestión inteligente que permitan ajustarse a las necesidades de demanda eléctrica, lo que implica que se ajusten dinámicamente a las necesidades de demanda eléctrica.
  - Se requiere la integración eficiente de estas infraestructuras con los sistemas eléctricos del proyecto que promueva un funcionamiento estable y confiable, evitando sobrecargas o interrupciones en el suministro eléctrico, y garantizando que las estaciones de carga operen de manera segura y continua dentro del entorno aeroportuario además de cumplir con el decreto 8/2019, el Pliego Técnico RIC N°15 y la ley general de servicios eléctricos.
- **Uso de Energías Renovables:**
  - Debe existir una prioridad en la generación de energía sostenible, lo que implica que las estaciones deben alimentarse en parte de fuentes de energía renovable. Se especifica que idealmente al menos el 40% de la energía utilizada por las estaciones de carga debe provenir de sistemas renovables, como energía fotovoltaica, eólica, geotérmica, por biomasa o sistemas híbridos, esta generación puede ser tanto dentro o fuera del recinto. Solo en casos donde un análisis de factibilidad técnica lo justifique, se permitirá una excepción a este principio.
- **Estándares de Seguridad y Calidad:** Se exige que las estaciones cumplan con todos los estándares técnicos y legales aplicables, asegurando un funcionamiento seguro, eficiente y alineado con las regulaciones vigentes. Entre las normativas que deben cumplirse se encuentran:
  - **Reconocimiento por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC):** certificación que garantiza el cumplimiento de los estándares regulatorios.
  - **Decreto 8/2019:** regulación específica para sistemas eléctricos.
  - **Pliego técnico RIC N°15:** especificaciones técnicas detalladas aplicables a la instalación y operación de estaciones de recarga.
  - **Resolución exenta N°33.675:** lineamientos generales sobre estaciones de recarga.
  - **Resolución exenta N°23.900/2024:** normativa técnica para instalaciones eléctricas relacionadas.
  - **Resolución exenta N°26.339/2018:** especificaciones operativas para estaciones de recarga.
  - **Resolución exenta N°10790/2022 y N°12754/2022:** reglas técnicas específicas para la seguridad y operación de sistemas eléctricos.

El cumplimiento de estas normativas asegura que las estaciones de recarga cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad, promoviendo la confianza en su uso y la sostenibilidad del proyecto.

### 25.2 Infraestructura de carga y reabastecimiento y electrolineras en terminales y refugios aeroportuarios.

- **Ámbito:** Terminales de pasajeros y pequeños refugios aeroportuarios, de cualquier escala, a lo largo de todo el país incluyendo áreas de estacionamiento y acceso destinadas a vehículos de operación terrestre, aeronaves y servicios aeroportuarios internos.
- **Objetivo:** Asegurar la operación o futura operación de vehículos que utilicen hidrógeno o electricidad, facilitando de esta manera la transición hacia operaciones aeroportuarias bajo en carbono.
- **Requerimiento:**
  - La infraestructura de carga debe ser capaz de recibir al menos el 5% del combustible utilizado por dos tipos de operación (terrestre, transporte interno y/o aeronaves). Este cálculo se debe justificar mediante el estudio realizado en el requisito mínimo: Estudio de factibilidad de estaciones de cargas para vehículos impulsados por electricidad y/o hidrógeno
  - Las instalaciones deben contar con conexiones adecuadas para recibir el suministro de hidrógeno desde fuentes externas, permitiendo una recarga eficiente y segura de los depósitos de almacenamiento en la terminal o refugio aeroportuario. Asimismo, deben incluir electrolineras equipadas con estaciones de carga de diferentes potencias que sean compatibles con diversos tipos de vehículos eléctricos. Para esto todas las estaciones diseñadas e instaladas deben cumplir con lo requerido en el Pliego técnico RIC N°15: especificaciones técnicas detalladas aplicables a la instalación y operación de estaciones de recarga
  - Los espacios destinados a la infraestructura de carga deben diseñarse de forma segura y accesible, cumpliendo con las normativas de seguridad aplicables y permitiendo el acceso fácil para vehículos de operación terrestre, transporte interno y aeronaves. Según lo anterior los espacios deben cumplir lo estipulado en el Decreto 8/ 2019: Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica, Pliego técnico RIC N°15: especificaciones técnicas detalladas aplicables a la instalación y operación de estaciones de recarga y la Resolución Exenta N°33.675, y/o la normativa vigente.
  - La infraestructura debe contemplar la posibilidad de ampliaciones futuras en caso de aumento en la demanda de hidrógeno o electricidad. Esto puede incluir el diseño de espacios modulares para almacenamiento adicional o áreas de carga que permitan la expansión sin necesidad de modificaciones estructurales significativas. Estas ampliaciones deben considerar como base el estudio de factibilidad realizado en el requerimiento “Estudio de factibilidad de estaciones de cargas para vehículos impulsados por electricidad y/o hidrógeno”:
  - La infraestructura debe cumplir con la ley general de servicios eléctricos, el Decreto 8/2019, el pliego técnico RIC N°15, la resolución exenta N°33.675, la Resolución Exenta N°23.900/2024, la Resolución Exenta N°26.339/2018, la Resolución Exenta 33.675, la Resolución Exenta Electrónica N° 10790/2022 y la Resolución Exenta Electrónica N° 12754/2022.

### 25.3 Espacios para almacenamiento y operación de unidades de potencia terrestre de hidrogeno (H2-GPU) en terminales aeroportuarias.

- **Ámbito:** Terminales de pasajeros y pequeños refugios aeroportuarios, de cualquier escala, a lo largo de todo el país.
- **Objetivo:** Incentivar la creación de espacios destinados al almacenamiento, operación y mantenimiento de unidades de potencia terrestre basadas en hidrogeno en terminales aeroportuarias. Facilitar la adopción de GPUs alimentadas con hidrogeno como alternativa sostenible a los sistemas tradicionales a diésel o GPUs eléctricas de capacidad limitada, permitiendo una transición efectiva hacia operaciones aeroportuarias cero emisiones. Este crédito apoyará la instalación de infraestructuras adecuadas para el almacenamiento seguro de hidrogeno y la operación eficiente de H2-GPU.
- **Requerimiento:** Los proyectos deben considerar los siguientes puntos:
  - Realizar un estudio de factibilidad técnica para la operación de H2-GPU, evaluando las necesidades de almacenamiento de hidrogeno, las condiciones de seguridad requeridas y los impactos potenciales en las operaciones aeroportuarias. El estudio debe tener como base el estudio de factibilidad realizado en el requerimiento “Estudio de factibilidad de estaciones de cargas para vehículos impulsados por electricidad y/o hidrógeno”:

- Diseñar un espacio de almacenamiento ubicado en el exterior y alejado de áreas de alta densidad de personas y operaciones críticas.
- El espacio debe cumplir con las normativas internacionales de seguridad aplicables ISO 19880-1:2022 y NFPA 2 (Hydrogen Technologies Code) y/o la normativa vigente.
- Garantizar que las áreas de almacenamiento y operación cuenten con sistemas de ventilación adecuados para prevenir la acumulación de hidrogeno. Las tasas de ventilación deben ser suficientes para diluir posibles fugas de hidrógeno a menos del 25% del límite inferior de inflamabilidad, que para hidrógeno es aproximadamente un 1% en volumen de aire.
- Implementar sistemas de detección de fugas de gas y de llamas.
- Ubicar los espacios de almacenamiento y operación lejos de bodegas de combustibles, recintos térmicos u otros espacios que almacenen materiales inflamables (separados por al menos 20 metros lineales entre sus muros).

- **Considerar las siguientes normativas y estándares:**
  - ISO/TR 15916 – Basic considerations for the safety of hydrogen systems.
  - ISO 19880-1 – Gaseous hydrogen – Fueling stations – Part 1: General Requirements.
  - NFPA 2 – Hydrogen Technologies Code.
  - NFPA 45 – Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals.

# Apéndice 26: Innovación: Net Zero

- 26.1 Net zero energía
- 26.2 Net zero carbono

## 26.1 Net zero Energía

- **Ámbito:** terminales aeroportuarios y aeródromos de cualquier escala
- **Objetivo:** Fomentar el diseño y operación de terminales aeroportuarios eficientes que alcancen Net Zero en materia energética mediante la generación de energía a partir de fuentes renovables en el lugar, y la reducción significativa de su consumo energético mediante medidas de eficiencia activas y pasivas.
- **Requerimiento:** Alcanzar un balance energético neto igual a cero. Este balance debe incluir los consumos asociados a climatización, iluminación y otros artefactos eléctricos, proyectados durante un año operativo completo.

Este criterio se evalúa de manera binaria:

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El terminal aeroportuario ha alcanza Net Zero Energía, generando al menos la misma cantidad de energía que consume a partir de fuentes renovables y compensando todo su consumo energético proyectado, incluido climatización, iluminación y artefactos según los cálculos realizados para la variable de reducción de consumo energético. |

- **Condiciones de evaluación:** El edificio deberá contemplar la misma ocupación utilizada para realizar los cálculos de reducción de demanda y consumo energético.

  El cumplimiento se evaluará de manera binaria. Se considerará que un terminal aeroportuario cumple con los requisitos cuando haya demostrado, mediante la documentación presentada y las verificaciones realizadas, que ha alcanzado un balance energético neto igual a cero. Esto implica que el consumo energético proyectado del terminal o refugio aeroportuario en el crédito de reducción de consumo energético ha sido completamente compensado mediante la generación de energía renovable in situ.

  Todos los cálculos y modelaciones deben ajustarse a las condiciones climáticas locales y a los patrones de ocupación del edificio, asegurando que los resultados reflejen de manera precisa las condiciones reales de operación del edificio.

  La etapa de precertificación se enfocará únicamente en la validación del diseño del terminal o refugio aeroportuario. En esta fase, será necesario presentar memorias y simulaciones energéticas que respalden los resultados esperados. La modelación debe ser realizada utilizando programas de simulación reconocidos, como IES Virtual Environment, EnergyPlus o DesignBuilder, asegurando que los cálculos reflejen los consumos energéticos esperados y las capacidades de generación renovable previstas.

  En la etapa de certificación, será necesario validar que las instalaciones proyectadas hayan sido implementadas correctamente y que las compensaciones externas efectivamente se hayan realizado. Esta validación incluirá la revisión de facturas de compra de los equipos de generación renovable, guías de despacho y recepción de los equipos, y reportes de funcionamiento y producción energética.

  El informe técnico que detalla la generación de energía renovable debe proporcionar una descripción técnica detallada de los sistemas implementados en el proyecto. Deben incluir la información acerca de la tecnología utilizada, como sistemas fotovoltaicos, eólicos o de biomasa, especificando las capacidades instaladas y la proyección de la producción energética a lo largo del año.

  La descripción debe considerar las condiciones locales, como la radiación solar, los vientos predominantes o la disponibilidad de biomasa desde fuentes validadas por el Ministerio de Energía como la que es obtenida del Explorador Solar, explorado eólico, planificación energética a largo plazo, planes estratégicos de energía regionales, estrategias de energía locales, infraestructuras de datos espaciales o realizar simulaciones y cálculos con software especiales y datos de climas validados por CES o generados según metodología ISO 15927-4 con información obtenida por estaciones inscritas en la WMO, asegurando que los cálculos reflejen las condiciones reales de operación.

Para la evaluación del cumplimiento, los proyectos de energía renovable deben demostrar una capacidad instalada suficiente para compensar el consumo energético proyectado a lo largo de un año operativo completo.

## 26.2 Net zero Carbono

- **Ámbito:** edificio terminal y refugios de pasajeros, donde se evalúa tanto las emisiones operativas como las incorporadas en los materiales de construcción.
- **Objetivo:** Incentivar la reducción de emisiones de carbono en la construcción y operación mediante estrategias de diseño eficiente, uso de energías renovables y materiales con bajo impacto de carbono.
- **Requerimientos:** Terminales y refugios aeroportuarios que logren un balance neto cero de carbono durante la construcción y operación del edificio terminal, excluyendo las operaciones de aeronaves.

  **Para cumplir el proyecto debe demostrar:**
  Durante la construcción:
  - Reducción del carbono incorporado en materiales estructurales en al menos un 10% respecto a utilizar materiales de referencia.
  - Compensación de todas las emisiones generadas en las etapas del ciclo de vida A1 a A5 mediante materiales que capturen carbono o compensaciones verificadas.

  Durante la operación:
  - Reducción de la intensidad de uso energético (EUI) en al menos un 40% respecto a un edificio de referencia equivalente.
  - El 100% del consumo energético es abastecido por energía renovable in situ o fuera del sitio.
  - Compensación de todas las emisiones generadas en las etapas del ciclo de vida B1 y B7 mediante el uso de energías renovables y recolección de agua.

El cumplimiento de este requerimiento se evaluará según las siguientes opciones:

| Nivel | Condición | Puntaje |
|---|---|---|
| Muy bueno | El terminal o refugio aeroportuario ha alcanzado Net Zero carbono para las etapas de construcción (A1-A5) y operación (B1 y B6). | 3 |
| Bueno | El terminal o refugio aeroportuario ha alcanzado Net Zero carbono para la etapa de construcción (A1-A5) o la etapa de operación (B1 y B6). | 2 |

La obtención de este requerimiento implica cumplir con los requerimientos EMISIONES 13.1 y 13.2 Huella de carbono operación y Huella de carbono contenida

- **Condiciones de evaluación:** Para validar el cumplimiento de esta variable se debe presentar la siguiente información técnica:
  - Análisis de ciclo de vida (LCA) para cuantificar el carbono incorporado y las reducciones logradas. Este análisis debe presentarse en una memoria técnica utilizando metodologías reconocidas y validadas para calcular las emisiones de carbono asociadas a la construcción, con un enfoque en el ciclo completo asociado la construcción (etapas A1-A5) y a la operación (etapas B1 y B6) por separado. Las metodologías aceptadas son las expuestas en la Norma EN 15978, ISO 14067, Estándar RICS: Publicado por el Royal Institution Chartered Surveyors (RICS) y GHG Protocol.
  - Cálculo de la huella y compensaciones de carbono debe presentarse en memorias de cálculo en dónde se demuestren todos los materiales y cálculos ya sea utilizando las metodologías descritas anteriormente o utilizando herramientas validadas como lo son One Click LCA, Huella Chile, Rukaru o cualquier otra herramienta que utilice de manera validada por alguna institución gubernamental nacional o internacional las metodologías anteriores (para este caso la herramienta debe ser validada por la entidad administradora de CES).
  - Certificados de compensación de carbono aprobados por terceros.
  - Medición del balance energético y documentación de fuentes de energía renovable utilizadas.

# Apéndice 27: Cambio Climático

- 27.0 Análisis identificación riesgos climáticos en emplazamiento.
- 27.1 Adaptación al cambio climático.
- 27.2 Uso de aguas desalinizada.

## 27.1 Análisis identificación riesgos climáticos en emplazamiento

- **Ámbito:** terminal o refugio de pasajeros aeroportuario.
- **Definición:** estudio técnico que evalúa mediante un análisis teórico la evaluación de los posibles riesgos climáticos en los eventos extremos que podrían afectar a los terminales aeropuertos en Chile.
- **Objetivo:** Identificar riesgos climáticos futuros en la ubicación geográfica de la infraestructura aeroportuaria.
- **Requerimiento:** Para que el proyecto cumpla con el requerimiento el estudio de factibilidad debe priorizar riesgos asociados al impacto de las temperaturas medias y extremas y de precipitaciones extremas. Deberá contener los siguientes análisis y/o estudios:
  - Identificación de amenazas climáticas asociadas a la clasificación de los tipos de amenaza natural según ARCLIM a nivel de inundaciones, incendios y amenazas climáticas en las variables de temperatura media, días calurosos, olas de calor, días de hielo, días de precipitación intensa, precipitación máxima y acumulada, viento máximo diario y humedad relativa máxima diaria.
  - Riesgos asociados a fenómenos climáticos extremos, como olas de calor, lluvias intensas, o sequías prolongadas.
  - Identificación de áreas del terminal que son vulnerables a cambios en las condiciones climáticas.
  - Amenazas y sus impactos derivados de los efectos de cambio climático que potencialmente podrán afectar en la zona de emplazamiento.
  - Amenazas climáticas y priorizarlas, para ello deberá utilizar las amenazas identificadas anteriormente y proponer posibles medidas de adaptación, extraídos del marco de referencia estratégico de nivel comunal.
  - Las amenazas climáticas priorizadas deben ser analizadas para conocer su comportamiento comparando su comportamiento actual y futuro, para dilucidar los factores de exposición y vulnerabilidad.
  - Identificar y seleccionar medidas de adaptación que permitan disminuir los riesgos climáticos, con relación al proyecto planteado.
  - Proponer indicadores para el monitoreo de la implementación de las medidas que se implementaran para reducir el riesgo frente al cambio climático.
  - Como mínimo se deben evaluar cómo las variaciones en temperatura y precipitaciones, junto a episodios extremos como calor extremo, frío extremo, vientos extremos, etc.
  - El estudio debe cumplir con la normativa vigente en Chile, incluyendo las leyes relacionadas con cambio climático, normativas energéticas y ambientales, así como regulaciones aeroportuarias de la DAP y DGAC.
  - Además, se deberá demostrar toma de decisiones concretas en base al estudio las cuales se deberán presentar en un informe donde se indiquen las medidas que deberán incluir.

## 27.2 Adaptación al cambio climático

- **Ámbito:** terminal o refugio de pasajeros aeroportuario
- **Objetivo:** fomentar un diseño que responda adecuadamente a los escenarios climáticos futuros.
- **Requerimiento:** Evaluar los impactos del aumento de temperatura del lugar donde se emplaza el edificio, de acuerdo con las proyecciones de cambio climático del IPCC.
  - Las condiciones de cambio climático serán incorporadas en las evaluaciones de Confort térmico pasivo (CAI 1) y/o de Demanda de energía (Energía 5).
  - Se deberá presentar un análisis comparativo de las evaluaciones de Confort térmico pasivo y/o de Demanda de energía usando el archivo climático “actual” y el archivo climático “proyectado” con escenario de cambio climático.
- **Condiciones de evaluación:**
  - Evaluación de Confort térmico pasivo proyectado (utilizando archivos climáticos proyectados de cambio climático disponibles en la web www.certificacionsustentable.cl) y de acuerdo con Apéndice 9. Demanda y consumo de energía.

- Evaluación de Demanda de energía proyectada (utilizando archivos climáticos proyectados de cambio climático disponibles en la web www.certificacionsustentable.cl) y de acuerdo con Apéndice 9. Demanda y consumo de energía.
- Análisis comparativo de los resultados de los requerimientos de confort térmico pasivo y/o demanda de energía respecto a los resultados de los puntos anteriores.
- Identificaciones de alternativas de estrategias de eficiencia energética posibles de implementar.
- Argumentos técnicos por los que se opta por implementar una determinada estrategia.

## 27.3 Uso de agua desalinizada

- **Ámbito:** terminal o refugio de pasajeros aeroportuario situadas en zonas litorales del país.
- **Objetivo:** Diversificar fuetes de obtención de agua dulce en regiones que enfrentan escasez hídrica, reduciendo la sobreexplotación de fuentes continentales agotadas, como ríos y acuíferos, permitiendo su recuperación natural. A demás garantizar un suministro constante a la operación aeroportuaria en lugares desérticos.
- **Requerimiento:** Incorporar plantas desalinizadoras o suministro de aguas desde este tipo de plantas y así del uso de agua desalinizada en las operaciones aeroportuarias situadas en zonas litorales del país.

  La forma de calcular el porcentaje de agua desalinizada utilizada se puede observar en la siguiente ecuación: Cálculo de aporte de aguas recicladas y/o cosechadas para operaciones aeroportuarias.

$$Aporte\ \% = \frac{Aguas\ desalinizadas}{Consumo\ de\ agua\ potable + Consumo\ de\ agua\ para\ OAs + Consumo\ de\ agua\ de\ riego}$$

Fuente: Elaboración propia

**Niveles según concienciación del uso del agua**

| Nivel | Aporte % | Puntaje |
|---|---|---|
| Bueno | 20% de agua desalinizada | 2 |
| Muy Bueno | 40% de agua desalinizada | 3 |

Fuente: Elaboración propia

- **Condiciones de evaluación:** Para certificar el cumplimiento con estos niveles, el proyecto debe presentar documentación detallada que incluya: informes sobre la capacidad y operación de la planta desalinizadora, un análisis de la composición del agua antes y después del proceso de desalinización y un registro del volumen de agua desalinizada utilizada en comparación con el consumo total de agua.

# Apéndice 28: Infraestructura verde y azul

- 28.1 Techos verdes / Jardines verticales / Parques interiores
- 28.2 Reducción efecto isla de calor

## 28.1 Techos verdes / Jardines verticales / Parques interiores

- **Objetivo:** mejorar la experiencia de los pasajeros y la calidad del aire interior promoviendo la regulación térmica y sensación de ambientes naturales. Contribuir a la captación, filtración y reutilización de aguas pluviales mediante estrategias basadas en la naturaleza.

**Implementar al menos una de las siguientes estrategias:**
- Techos verdes
- Jardines verticales interiores
- Jardines de lluvia
- Parques interiores
- Estanques o piletas interiores

**a. Techos verdes**
Mejorar la eficiencia energética, regular la temperatura interna y aumentar la biodiversidad local. Estos techos deben estar adaptados a las condiciones climáticas locales y contribuir a la reducción del uso de energía para la climatización de las terminales.

- **Ámbito:** Cubierta de terminal o refugio de pasajeros aeroportuario
- **Indicador:** instalación de techos verdes en un porcentaje significativo de la superficie total de la terminal. Además, se debe garantizar un incremento en la biodiversidad local mediante la inclusión de plantas autóctonas.
- **Requerimiento:** El requerimiento se cumple mediante la demostración de las siguientes actividades y ejecuciones:

Este criterio se evalúa de manera binaria.

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El aeropuerto cuenta con techos verdes instalados en al menos el 5% de la superficie de las terminales, con un sistema de riego eficiente que aprovecha el agua de lluvia o incluye otro sistema de recuperación. El techo verde debe cumplir con lo requerido por la norma NCh3626:2020. |

- En el diseño de cubiertas verdes se debe considerar un análisis preliminar de las condiciones ambientales y estructurales de los edificios para asegurar que puedan soportar la carga adicional de los techos verdes (etapa precertificación).
- Diseñar (etapa precertificación) y construir (etapa certificación) los techos de acuerdo con la norma NCh3626:2020, priorizando la inclusión de especies vegetales endémicas o con capacidad de adaptación a las condiciones climáticas locales.
- Diseñar (etapa precertificación) y construir (etapa certificación) un sistema de drenaje y un sistema de riego eficiente que utilice aguas pluviales captadas, asegurando un uso sostenible del agua u otro sistema de riego eficiente.
- **Condiciones de evaluación:** Para comprobar el requerimiento se debe elaborar una memoria técnica del sistema diseñado (etapa precertificación) e instalado (etapa certificación), incluyendo cálculos que demuestren el soporte de la carga adicional, la inclusión de especies endémicas o adaptadas junto a sus necesidades hídricas y el cálculo que demuestre que las cubiertas verdes alcanzan al menos un 10% de la terminal.

**b. Jardines verticales interiores**

- **Ámbito:** Interior de edificios aeroportuarios en zonas de alta densidad de personas.
- **Indicador:** la instalación de jardines verticales en una proporción adecuada de las zonas de procesos de pasajeros debido a que son zonas de alta ocupación, y la medición del impacto en la calidad del aire.
- **Requerimiento:**
  - En la etapa diseño se deben considerar las áreas de embarque y desembarque mayor flujo obligatorio de pasajeros y evaluar las condiciones que estas tienen para la instalación de jardines verticales. Para que una zona califique debe poseer una ocupación mayor a 2,3 personas por $m^2$ (ocupación de filas).
  - Diseñar (etapa precertificación) y construir (etapa certificación) los jardines interiores priorizando la inclusión de especies vegetales endémicas o con capacidad de adaptación a las condiciones climáticas locales. Además, se debe demostrar que las especies utilizadas tienen una alta capacidad de absorción de $CO_2$.

Este criterio se evalúa de manera binaria:

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | Existen jardines verticales que cumple con todos los requerimientos de este crédito y estos son utilizados en al menos el 10% de superficie ponderada de los recintos de alta ocupación. |

- **Condiciones de evaluación:** Para comprobar el requerimiento se debe elaborar una memoria técnica del sistema diseñado (etapa precertificación) e instalado (etapa certificación), incluyendo la inclusión de especies endémicas o adaptadas junto a sus necesidades hídricas y el cálculo que demuestre que los jardines interiores se encuentran en al menos el 10% de las áreas de alta ocupación de la terminal.

**c. Incorporación de jardines de lluvia**

- **Ámbito:** Áreas exteriores e interiores del edificio terminal de aeropuertos.
- **Indicador:** Instalación de jardines de lluvia con sistemas de filtración natural que promuevan la absorción de aguas pluviales y la reducción de la escorrentía.
- **Requerimiento:** Contribuir a la captación, filtración y reutilización de aguas pluviales, así como a la mejora de la calidad del entorno ambiental del aeropuerto.

La instalación de jardines de lluvia debe considerar requisitos para asegurar su funcionalidad y durabilidad.

- Su implementación se debe ubicar en áreas estratégicas, lugares que reciban una escorrentía significativa y debe evitar interferencias con operaciones críticas del aeropuerto.
- Debe tener un tamaño y capacidad adecuado para manejar los volúmenes de agua calculados, considerar pendientes acordes y sistemas de desbordamientos para evitar inundaciones.
- La selección de plantas deben ser nativas o adaptadas al clima local.
- Se debe considerar un mantenimiento periódico que contemple la limpieza de los sedimentos, el reemplazo de las plantas dañadas y la revisión en la capacidad de infiltración del terreno.
- Se debe integrar de buena forma con otras estructuras de drenaje existentes, áreas verdes u otras instalaciones relacionadas.

Este criterio se evalúa de manera binaria:

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El aeropuerto cuenta con jardines de lluvia instalados en al menos el 10% de las áreas exteriores. |

- **Condiciones de evaluación:** Para cumplir con este requerimiento los jardines deben demostrar mediante documentación, memorias de cálculo, y fichas técnicas que los jardines de lluvia se encuentran implementados según la guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias del MINVU.

**d. Incorporación de parques interiores**

- **Ámbito:** Interior de los recintos aeroportuarios.
- **Indicador:** instalación de parques interiores con vegetación diversa que contribuya a la mejora de la calidad del aire y al bienestar de los pasajeros.
- **Requerimiento:** Equilibrar funcionalidad, sostenibilidad y estética, convirtiéndose en espacios que mejoren la experiencia de los usuarios, promuevan el bienestar y aporten beneficios ambientales dentro de un entorno crítico como es un aeropuerto. Por lo tanto, se deben considerar los siguientes requisitos para una correcta implementación.
    - El espacio debe considerar una buena planificación, integrándose de forma armónica con el diseño del terminal.
    - Deberá incluir zonas de descanso, fomentando el confort y bienestar de los usuarios y poseer un tamaño mínimo de 10m$^2$.
    - Debe contar con una correcta selección de la vegetación, utilizando especies nativas o adaptadas al clima local que requieran de poco mantenimiento y sean resistentes a las condiciones interiores.
    - Se debe asegurar que todas las personas puedan acceder y disfrutar del parque, con pasillos anchos y rampas para una correcta inclusión

Este criterio se evalúa de manera binaria:

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El aeropuerto ha instalado parques interiores en al menos un 20% dentro de las áreas consideradas como flujo obligatorio de pasajeros, con vegetación autóctona y sistemas que mejoran la calidad del aire y la experiencia de los pasajeros. |

- **Condiciones de evaluación:** La verificación de este crédito se realiza mediante la revisión de planos, inspección y análisis documental para garantizar el cumplimiento de los requisitos. Se evalúa la correcta integración de los parques interiores en el diseño del aeropuerto, verificando su ubicación en al menos el 20% de las áreas de flujo obligatorio de pasajeros, que cuenten con un parque o jardín de un tamaño mínimo de 10 m$^2$ y la selección de vegetación nativa o adaptada al clima local.

**e. Incorporación de estanques o piletas interiores**

- **Ámbito:** Áreas al interior de un edificio de aeropuerto.
- **Indicador:** Instalación de estanques o piletas, acompañados de sistemas de recirculación de agua que contribuyan a la reducción de la temperatura y la mejora del ambiente.
- **Requerimiento:** Mejorar el microclima interior del Terminal de Pasajeros mediante la instalación de estanques o piletas interiores que promuevan la regulación térmica y la sensación de ambientes naturales.

  Para la instalación de estanques o piletas interiores, es fundamental cumplir con una serie de requisitos para garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y seguridad. A continuación, se detallan los principales aspectos que deben considerarse:

    - Un buen diseño y correcta ubicación en áreas de tránsito o zonas de descanso, donde mejore la experiencia del usuario y con un tamaño mínimo de 3m$^2$.
    - Poseer una correcta integración visual, diseño debe armonizar con la arquitectura del aeropuerto.
    - Diseño seguro incluyendo bordes antideslizantes para evitar caídas accidentales.
    - Iluminación adecuada que realce la estética de estanque y facilite su visibilidad.
    - Contar con accesibilidad técnica para una fácil mantención.

- **Condiciones de evaluación:** La verificación de este requerimiento se realiza con verificación de planos, inspecciones y evidencias para asegurar la instalación de estanques o piletas interiores en al menos el 10% de las áreas de flujo obligatorio para pasajeros. Se debe evaluar que cumplan con un tamaño mínimo de 3 m$^2$, estén integrados con la arquitectura, cuenten con diseño seguro, iluminación adecuada y sistemas de recirculación de agua para mejorar el microclima.

## 28.2 Reducción del Efecto Isla de Calor

- **Ámbito:** Diseño aeroportuario y zonas aledañas.
- **Objetivo:** fomentar la integración de infraestructura verde y azul en el diseño y operación de aeropuertos con el fin de mitigar el efecto isla de calor, promover el confort ambiental y contribuir a la sostenibilidad de los recintos aeroportuarios.
- **Requerimiento:** Para evaluar el cumplimiento de este requerimiento se debe realizar un estudio técnico detallado que identifique si el diseño del aeropuerto genera o no islas de calor en su entorno. En base al resultado del estudio, si este arroja que se presentaran islas de calor, se deben tomar las medidas correspondientes para que sean mitigadas.
  Las medidas para la mitigación del efecto isla de calor deben ser soluciones basadas en la naturaleza, tales como lo son:
  - Techos y muros verdes
  - Jardines verticales
  - Estanques de agua
  - Sistema de sombreado vegetal
  - Corredores verdes

Este criterio se evalúa de manera binaria:

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El efecto de las islas de calor es reducido en al menos un 25% según el diseño original. |

- **Condiciones de evaluación:** La simulación de efecto de isla de calor debe ser calculado según metodologías validadas como la que es expuesta en THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry, o software especializado como lo es ENVI-met.

  La verificación de este requerimiento se realiza mediante la presentación de cálculo e informe técnico que verifica la disminución de islas de calor mediante una simulación de este efecto en el caso proyectado y en el caso original.

  En etapa de construcción se deberá verificar a través de inspección en terreno la implementación de las medidas planteadas en la etapa de diseño.

# Apéndice 29: Variable social

- 29.0 Estudio social del proyecto
- 29.1 Promover equidad e inclusión social
- 29.2 Promover bienestar de las comunidades aledañas
- 29.3 Inclusión espacios de uso comunitario

## 29.0 Estudio social del proyecto (obligatorio para postular a 29.1, 29.2 o 29.3)

- **Ámbito:** Edificios de terminales y refugios de pasajeros.
- **Objetivo:** Realizar un estudio sobre la normativa y políticas del Ministerio de Obras públicas respecto de la dimensión social.
- **Requerimiento:** Presentar un estudio preliminar en el que al menos se aborden los siguientes aspectos:

| Aspectos de Dimensión Social | | Legislación Chilena | Política MOP |
|---|---|---|---|
| **Participación Ciudadana** | Participación de comunidades en mecanismos de consulta y diálogo para identificar mitigación de impactos. | Art. 11 y 12 Ley 20.417, DS 40 | Guía de Participación Ciudadana MOP, Política ambiental y Territorial participativa del MOP y MTT |
| **Equidad e Inclusión** | Diversidad en la fuerza laboral, accesibilidad universal, acción afirmativa | Convenio 100, 111 y 169 OIT,, Guía de enfoque de género en la edificación pública, DS N° 50 N° 20.422 | Política Ministerial de Género y Diversidad MOP (2024-2030) |
| **Impactos Socioeconómicos** | Empleabilidad local, desarrollo económico, turismo | Art. 9 Ley 20.417 | No específica sobre estudios de impacto socioeconómico |
| **Impactos Ambientales** | Ruido, contaminación, calidad del aire y agua | Art. 9 Ley 20.417, DS 40 | Guía de Participación Ciudadana MOP, Política ambiental y Territorial participativa del MOP y MTT, Política de sustentabilidad ambiental MOP |
| **Impactos Culturales y Patrimoniales** | Valoración del patrimonio cultural, turismo cultural | Ley 17.288 | Política de sustentabilidad ambiental MOP |
| **Bienestar y Salud** | Calidad de vida, salud pública, seguridad | DS 594, Ley 16.744 | Normas de diseño y construcción de espacios públicos, Bases de Prevención de riesgos para contratos de obras MOP con perspectiva de género |

Fuente: Elaboración propia

## 29.1 Promover la equidad e inclusión social

- **Ámbito:** Edificios de terminales y refugios de pasajeros.
- **Objetivo:** promover la equidad y la inclusión social para las personas que ocupen transitoria o permanentemente el espacio aeroportuario, garantizar accesibilidad y uso adecuado y que a su vez promueva la igualdad de género en varios aspectos del proyecto. Lo anterior será cumplido mediante la implementación de espacios diseñados adecuadamente para tal efecto.
- **Requerimiento:** El requerimiento se cumple mediante la demostración de las siguientes actividades y ejecuciones:
  - Garantizar que todas las áreas del aeropuerto sean accesibles para personas con movilidad reducida, por lo que debe existir al menos un acceso que incluya rampas, ascensores, señalética clara y concisa, sistemas de lectura en braille, audios y espacios adaptados para personas neurodivergentes.
  - Los espacios deben diseñarse considerando la Guía de gestión inclusiva para servicios públicos del SENADIS, el Decreto 30:2023 del MINVU, la guía de enfoque de género en la edificación pública del MOP y en el caso de existir, guía de diseño arquitectónico infraestructura pública étnico del MOP de la zona de emplazamiento.
  - La empresa encargada del diseño y/o construcción del proyecto debe contar con protocolos para prevenir y atender casos de violencia de género y discriminación.
- **Condiciones de evaluación:** Para validar el cumplimiento de este requerimiento se debe desarrollar un informe que indique todos los aspectos de inclusión considerados en el diseño del proyecto y demostrar que existe al menos un acceso principal diseñado para personas con movilidad reducida y/o personas con discapacidad visual, personas y/o con discapacidad auditiva y/o personas neurodivergentes. Elegir al menos dos condiciones.
  Las empresas principales encargadas de ejecutar el proyecto deben respaldar sus protocolos para prevenir y atender casos de violencia de género y discriminación mediante documentación.

## 29.2 Promover bienestar de las comunidades aledañas

- **Ámbito:** Edificios de terminales y refugios de pasajeros y comunidades aledañas.
- **Objetivo:** fomentar el bienestar socioeconómico y ambiental de las comunidades aledañas durante los distintos ciclos de vida del proyecto, promoviendo la participación, la inclusión en la cadena de valor y el desarrollo de relaciones armoniosas entre el proyecto y las comunidades.
- **Requerimiento:** El cumplimiento de este requerimiento se evaluará mediante la demostración de las siguientes acciones:
  - Participación de empresas locales en la cadena de suministro, con un incremento documentado de contratos a proveedores locales.
  - Organización de talleres y consultas públicas con evidencia de participación comunitaria.
  - Proveer de servicios básicos como agua o electricidad de apoyo a la comunidad.
  - Implementación de medidas de mitigación que reduzcan impactos negativos y maximicen beneficios positivos, documentadas con planes de acción.
  - Desarrollo de programas de responsabilidad social corporativa que beneficien directamente a las comunidades afectadas.

Para cumplir con este requerimiento, se deben demostrar las siguientes actividades y resultados:

- **Promoción de proveedores locales:** Diseñar un plan de incorporación de proveedores locales en la etapa de precertificación, documentando estrategias para fomentar su participación en la cadena de suministro durante la construcción del proyecto.
  - Incorporar proveedores locales en la ejecución de tareas durante la construcción de los proyectos (etapa de certificación).
  - Demostrar que al menos el 5% de los materiales utilizados durante la construcción del proyecto provienen desde empresas a una distancia no mayor a 500 kilómetros de la zona de emplazamiento (según medición de rutas vehiculares desde la zona de adquisición hasta la ubicación del proyecto,
  - Si no existen proveedores a esa distancia se deben considerar los más cercanos medidos de la misma forma).
  - Demostrar que al menos el 5% de la contratación de mano de obra es de origen local durante la construcción (si no existen mano de obra en la comunidad se deben considerar la comunidad más cercana).
  - Implementar programas de capacitación para mejorar las habilidades de la fuerza laboral local (en etapa de certificación se debe demostrar que durante la construcción se realizó al menos una capacitación a personas de la comunidad en temática de construcción aplicada).

- **Relaciones comunitarias:**
  - Implementar programas de responsabilidad social corporativa que aborden necesidades específicas identificadas en las comunidades aledañas. En etapa de certificación se debe demostrar que al menos se levantó una necesidad de una comunidad cercana. La comunidad debe encontrarse en un radio no mayor a 50 km en territorio nacional, en caso de no existir se debe considerar la más cercana.
  - Establecer formas e infraestructura que sean capaces de apoyar la cobertura de servicios básicos hacia la comunidad.

| Nivel | Condición |
|---|---|
| Cumple | El proyecto demuestra evidencia de haber promovido el bienestar de las comunidades aledañas mediante el cumplimiento de los requerimientos solicitados, incluyendo la participación de al menos un proveedor locales y programas de responsabilidad social corporativa para una comunidad. |

- **Condiciones de evaluación:** Para comprobar el requerimiento se deben desarrollar informes sobre la participación de proveedores locales y resultados obtenidos junto a una memoria técnica y resultados de los programas de responsabilidad social corporativa.

### 29.3 Inclusión de espacios de uso comunitarios.

- **Ámbito:** Edificios de terminales y refugios de pasajeros
- **Objetivo:** Fomentar la inclusión de espacios comunitarios en el diseño de terminales aeroportuarios de cualquier escala, con el fin de generar un impacto social positivo en la comunidad cercana a la terminal. Motivar la integración de la infraestructura aeroportuaria con las actividades de la comunidad local, especialmente en pequeños aeródromos o aeropuertos, donde estas instalaciones pueden jugar un importante rol para el desarrollo local.
- **Requerimiento:** Destinar áreas específicas para uso comunitario en función de la escala del aeropuerto, los que deben cumplir con los siguiente:
  - Estar habilitados para un mínimo de 15 personas.
  - Ser multifuncionales y adaptables para diversas actividades comunitarias, como ferias de emprendimiento local, reuniones de juntas vecinales, actividades recreativas, o eventos sociales.
  - Contar, en espacios interiores, con servicios básicos como electricidad y mobiliario esencial (mesas y sillas), y cumplir con los estándares establecidos por el MDA y el MDSF.
  - Incluir, en espacios exteriores, elementos de protección como techos, toldos o cubiertas para asegurar su uso bajo diversas condiciones climáticas.
  - Garantizar medidas de seguridad apropiadas, como iluminación adecuada en áreas exteriores y señalización clara que facilite la orientación de los usuarios.
  - Estar diseñados para promover la interacción entre la comunidad local y el aeropuerto, contribuyendo al fortalecimiento del valor social que este puede generar.
  - Cumplir, en caso de incluir áreas exteriores como plazas, juegos infantiles, áreas verdes o de descanso, con los estándares establecidos en el Manual Técnico de Construcción y Requisitos Mínimos para Parques, Plazas, Áreas Verdes y Áreas Deportivas del MOP.
  - Los espacios exteriores pueden ubicarse fuera del recinto aeroportuario, siempre que estén vinculados al proyecto.
  - Presentar diseño de acceso por medio de transporte público, bicicleta y/o auto y la infraestructura necesaria pensada para el transporte hacia estas áreas, para la comunidad.
- **Condiciones de evaluación:** Para verificar este crédito y que los aspectos solicitados fueron considerados dentro del proyecto, se deben revisar los planos arquitectónicos y las especificaciones técnicas correspondientes, asegurando que los espacios destinados al uso comunitario estén claramente señalados y cumplan con los requisitos establecidos en cuanto a capacidad, funcionalidad y normativa aplicable.
  Presentar proyecto de emplazamiento, indicando estacionamientos exclusivos de autos y/o estacionamientos exclusivos de bicicleta y/o paraderos de transporte público, explicando como la comunidad puede llegar, donde se estaciona en caso de que se acceda en auto o bicicleta y cuanto se debe caminar desde el paradero o estacionamiento hasta el centro comunitario.

En etapa de certificación se debe realizar una inspección en terreno para verificar que cuentan con los servicios básicos necesarios, como electricidad y mobiliario, además de medidas de seguridad como iluminación adecuada y señalización visible. En el caso de los espacios exteriores, se debe comprobar la presencia de elementos de protección, como techos o cubiertas, que permitan su uso bajo diversas condiciones climáticas, así como la adaptación a actividades multifuncionales.

# Apéndice 30: Sello Plus Operación

El Sello "Plus Operación "es una certificación adicional y opcional, que tiene por objetivo promover la mantención en el tiempo de las condiciones de calidad ambiental y eficiencia energética con las cuales fue certificado el edificio, como también promover y facilitar el mejoramiento continuo de la gestión medioambiental y energética del edificio.

El Sello "Plus Operación" será otorgado a cualquier edificio que haya obtenido la "Certificación Edificio Sustentable" cuando el Propietario y el Administrador del Edificio suscriban un "Compromiso" de cumplimiento de las condiciones para la obtención del Sello y cumplan con los otros requerimientos indicados en el punto *Obtención del sello "Plus Operación"* de este apéndice.

El Sello se podrá solicitar en cualquier momento, en conjunto con la "Certificación Edificio Sustentable" o posterior a ésta, e incluso en cualquier momento posterior a la ocupación del edificio, tendrá una vigencia de tres años y se deberá realizar revisiones anuales para conservarlo.

El Sello se revisará o renovará sobre la base de la verificación del cumplimiento de protocolos de administración, gestión, mantención y reposición del edificio y su mejoramiento continuo, sobre aquellas partes, componentes, equipos e instalaciones que se establezcan para las diferentes tipologías que se certifiquen, tal como se indica en los puntos *Revisión anual del sello "Plus Operación"* y *Renovación del sello "Plus Operación"*de este apéndice.

## 1. Obtención del sello "Plus Operación"

Una vez obtenida la "Certificación de Edificio Sustentable", o en paralelo a la obtención de ésta, el cliente podrá solicitar el sello "Plus Operación" al cumplir con los siguientes requerimientos:

1. **Plan anual de gestión, mantención y reposición de los sistemas del edificio.** Entregar plan anual de mantención y reposición de los elementos arquitectónicos del edificio así como de las instalaciones, tales como equipos e insumos, incluyendo los sistemas de generación de energía renovable. Se recomienda elaborar un plan diferenciado por semestre para detallar mejor las medidas a implementar.
2. **Compromiso de registro y entrega de información de consumos mensuales de energía, agua, mantenciones y reposiciones.** Entregar compromiso directo del mandante y del administrador del edificio de llevar registro mensual de los consumos mensuales de electricidad, agua, combustible, así como de mantenciones y reposiciones de insumos. Los mensuales debieran diferenciarse por uso final; en el caso de energía separando el consumo de iluminación, climatización y otros; y en el caso de agua separando en agua para consumo humano, para riego, y para procesos.
3. **Compromiso de registro y entrega de información de generación de residuos.** Entregar compromiso directo del mandante y del administrador del edificio de llevar registro mensual de la generación de residuos en m3.
4. **Compromiso de realizar encuestas de satisfacción a los usuarios del edificio.** Entregar compromiso directo del mandante y del administrador de realizar encuestas semestrales de satisfacción de los usuarios. Para efectos de este requerimiento, se entiende por usuario a aquellas personas que utilizan regularmente el edificio.

En el caso de edificios existentes que ya tengan un período de ocupación igual o mayor a 12 meses, para obtener el Sello "Plus Operación" se deberá adjuntar el informe de auto-diagnóstico, descrito en el siguiente punto.

## 2. Revisión anual del sello "Plus Operación"

Al cumplirse cada año desde la entrega del sello "Plus Operación", el Mandante o Administrador del edificio deberá entregar un informe de auto-diagnóstico a la entidad evaluadora, dentro de los seis meses posteriores al cumplimiento del periodo anual. El Mandante y/o Administrador del edificio podrá asesorarse por un consultor externo para la realización de este informe, él cuál deberá contener al menos:

- **Gastos mensuales de energía y agua.**
- **Generación mensual de residuos.** Se agrega en esta versión, el registro mensual de la generación de residuos, para luego ingresar un indicador anual de generación de residuos. Esta información será para tener un catastro en volumen de la cantidad de residuos generados por año.

Voluntariamente el edificio puede también almacenar, separar y reciclar desviando los residuos de la disposición final, valorizando los residuos, lo que podría ser usado como estrategia para reducir los residuos generados por el edificio.

- **Encuestas semestrales de satisfacción de los usuarios.**
- **4. Bitácora de mantenimiento y reposición:** Entrega de copia de la bitácora de operación, mantenimiento, reposición y consumos de acuerdo a lo comprometido en la obtención del Sello "Plus Operación"
- **5. Auto-diagnóstico de la gestión del edificio:** El auto-diagnóstico del comportamiento del edificio, en cuanto su calidad ambiental, uso de energía y agua, deberá basarse en las encuestas de satisfacción de los usuarios, la bitácora de mantenimiento y reposición, medición y verificación (M&V) de los consumos de energía y agua y otras consideraciones que el administrados o mandante estime pertinentes.
  Las condiciones de operación declaradas en el primer informe de auto-diagnóstico definirán la "línea base" de la operación del edificio, ante las cuales se compararán las condiciones de años posteriores.
- **Propuestas de mejora en la gestión del edificio:** Se deberá definir las mejoras y/o medidas correctivas a implementar en el edificio, tanto a nivel de consumo de energía y agua, como de satisfacción de los usuarios. En este último caso, se implementarán medidas correctivas cuando exista un nivel de satisfacción de los usuarios menor al 80%. Las medidas correctivas deben estar jerarquizadas y acompañadas de una definición de los objetivos esperados de cada una de ellas. Se deberán realizar capacitaciones a los usuarios del edificio para la correcta aplicación de las medidas correctivas. Las propuestas deberán basarse en el auto-diagnóstico realizado en el paso anterior.

Los edificios que cuenten con la certificación *"ISO 50001 Gestión de la energía",* se considerarán como satisfactorios en lo relacionado con consumo de energía y deben incluir en el informe solamente los otros parámetros comprometidos en la obtención del sello "Plus Operación" (tales como encuestas de satisfacción de los usuarios, agua, etc) y una copia de la certificación ISO 50001.

Luego de la entrega del informe, la Entidad Evaluadora lo revisará, y en caso de existir observaciones se las entregará al cliente y/o administrador del edificio, quienes deberán resolverlas y volver a entregar el informe para que se proceda a aprobar la mantención del Sello "Plus Operación".

En caso de no recibir la información mencionada en los plazos definidos, la Entidad Administradora retirará el Sello "Plus Operación" de la certificación que haya obtenido el edificio. En dicho caso, un edificio podrá optar a recuperar su Sello, adjuntando a la solicitud correspondiente un informe de auto-diagnóstico que cubra un período de al menos 12 meses de operación.

Asimismo, en el caso de edificios existentes que ya tengan un período de ocupación igual o mayor a 12 meses, el informe de auto-diagnóstico se deberá entregar al momento de solicitar del sello "plus operación".

En forma aleatoria, la Entidad Administradora podrá solicitar a la Entidad Evaluadora realizar visitas inspectivas para verificar el cumplimiento de los compromisos de operación. En las visitas no se indagará en aspectos ajenos a los exigidos ni se realizarán ensayos, salvo duda razonable del correcto cumplimiento de los requerimientos.

Para más detalles sobre las visitas inspectivas, ver sección 3.3 "del Manual de Operación" de la certificación.

## 3. Renovación del sello "Plus Operación"

En un periodo de 5 años, y luego de aprobado por parte de la Entidad Evaluadora el quinto informe de auto-diagnóstico, la Entidad Administradora procederá a renovar el sello "Plus Operación".

La aprobación del quinto informe de auto-diagnóstico estará sujeta a si el cliente logra demostrar el mejoramiento de las condiciones de operación del edificio respecto a la "línea base" definida en el primer año de operación. De esta forma, se busca asegurar la implementación y éxito del Plan de Gestión y Mantenimiento del edificio durante su fase de operación.

La renovación del sello se deberá realizar cada 5 años.

# Recomendaciones para Criterios de Mantenimiento (Para la Gestión de la Operación y Mantenimiento)

La siguiente sección del apéndice consiste en una serie de recomendaciones básicas de mantenimiento, como una forma de complementar los requerimientos definidos para obtener el Sello “Plus Operación”.

Las recomendaciones están orientadas a los administradores y operarios de edificios de uso público, por lo cual el foco está puesto en recomendaciones básicas de mantenimiento, y criterios que deben ser considerados al momento de encargar tareas más complejas, como aquellas referidas a los sistemas de ventilación mecánica e instalaciones térmicas. En estos casos, primarán las recomendaciones del fabricante de los artefactos y equipos instalados.

## Generalidades

El mantenimiento abarca un conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones y los edificios en general puedan funcionar adecuadamente en el tiempo. Esto va desde limpieza de canaletas de agua lluvia, hasta trabajos más complejos referidos a instalaciones.

En este documento, se establecen recomendaciones básicas de mantenimiento de distintos aspectos del edificio, agrupados como:

- Elementos constructivos del edificio
- Instalaciones sanitarias
- Sistemas de iluminación artificial
- Sistemas de ventilación mecánica
- Instalaciones térmicas

Se recomienda utilizar los criterios de mantenimiento indicados por el fabricante de los sistemas para los siguientes aspectos (este documento no contiene recomendaciones específicas para ellos):

- Tratamiento de la dureza del agua
- Artefactos sanitarios (limpieza de aireadores)
- Sistemas de energía renovables no convencionales

Algunas tareas de mantenimiento, como por ejemplo la limpieza regular, no requieren de expertos ni especialistas y pueden ser ejecutadas rápida y fácilmente por alguno de los operarios del edificio. Otras tareas requieren disponibilidad de tiempo y capacidades especializadas.

## Beneficios

El mantenimiento sistemático de un edificio, además de mantener los rendimientos de equipos y sistemas y de mejorar las condiciones de confort interior, conlleva una serie de beneficios tales como:

- Aumento de la vida útil de los materiales de construcción
- Mantención del valor del edificio
- Mejoramiento de la apariencia del edificio
- Prevención de daños
- Identificación y corrección de eventos que pueden desembocar en problemas de uso

Por su parte, la falta de mantenimiento en un edificio puede generar:

- Fallas prematuras o aceleradas de los materiales de construcción
- Perdida de funcionalidad de algún elemento y por lo tanto del edificio
- Incremento en los costos de las reparaciones posteriores
- Daños generales por problemas no resueltos en su etapa inicial
- Efectos sobre el confort, seguridad y salud de los usuarios del edificio

## Recomendaciones

En general, el mantenimiento de un edificio debiera realizarse en el marco de un programa de mantenimiento, en base a tareas periódicas de carácter semanal, mensual y anual. El programa debe incluir al menos los siguientes criterios:

- Persona o personal responsable de implementar el programa
- Definición de los elementos constructivos, artefactos, instalaciones y sistemas a los cuales se debe realizar mantenimiento
- Definición del período de revisión de cada uno de ellos
- Método de mantención que se aplica
- Registro y reporte de donde y cuando se produce la mantención de cada elemento constructivo, instalación y sistema
- Recopilar información mensual de los recambios producidos y el tipo y cantidad de accesorios utilizados

Respecto al registro, este debe reflejar los resultados de las tareas realizadas, debiendo documentar la siguiente información como mínimo:

- Tipo de elemento, artefacto, instalación o sistema, y su ubicación
- Quién realiza el mantenimiento y/o limpieza
- Fecha de ejecución
- Listas de materiales sustituidos o repuestos cuando se haya efectuado este tipo de operaciones
- Observaciones que se crean oportunas

A continuación, se describen recomendaciones básicas de mantenimiento de distintos aspectos del edificio.

## 1. Elementos constructivos del edificio

## Generalidades

Es común que las construcciones presenten deterioros por el paso del tiempo por solicitaciones de carácter natural o en forma provocada. Es por ello que es necesario realizar revisiones periódicas y mantenciones preventivas y correctivas de los elementos constructivos del edificio, tales como muros, techumbre, cubierta, entre otros.

Por otra parte, para obtener una adecuada iluminación y ventilación natural y correcto aspecto en la fachada del edificio es necesario tener un apropiado mantenimiento de ventanas y limpieza de los vidrios, utilizando en lo posible productos apropiados y “amigables” con el medio ambiente.
Dada la permanencia de las personas en espacios interiores, el mantenimiento de una ventilación adecuada tiene una gran importancia, debido, entre otros aspectos, a los efectos de la calidad del aire en la salud y el rendimiento de las personas.

Convendrá revisar y efectuar las actividades de limpieza y mantención como mínimo 2 veces al año. Estas acciones de deberán realizar de manera de no interferir en el normal funcionamiento de la edificación.

## Recomendaciones y calendario de mantenimiento

- Limpiar techumbre, cubierta, bajada de aguas lluvias y canaletas 2 veces al año, y en los períodos donde hay un aumento de lluvia y viento
- Revisar los muros perimetrales y radieres, de manera de contralar cualquier fisura o destrozo
- Realizar un programa de mantenimiento y limpieza de vidrios en forma periódica
- Revisar los sellos de cerámicas de pisos y muros anualmente
- Revisar periódicamente en las instalaciones la humedad generada por la mala ventilación
- Evitar la condensación artificial o intersticial, o el ingreso de agua y humedad que pueda perjudicar el componente térmico y la salubridad interior
- Utilizar paños o lanas apropiadas para la limpieza de vidrios, con el fin de no producir daños en material
- Incorporar línea de detergentes y accesorios de limpieza productos que no generen peligros para el operario que realiza la actividad ni para terceros, y que sean “amigables” con el medio ambiente. Se debe asegurar que los disolventes y otros productos químicos se almacenan y se manejan adecuadamente, con la ventilación apropiada

## 2. Instalaciones sanitarias

### Generalidades

Los edificios cuentan con un conjunto de instalaciones que le permiten que sea habitable. Las instalaciones sanitarias, compuestas por redes, griferías y *fittings* deben mantenerse en perfecto estado para evitar fallas que afecten la habitabilidad de los edificios y los gastos asociados al uso y tratamiento de agua.

### Recomendaciones y calendario de mantenimiento

- Revisión periódica de los sellos de lavamanos y WC para detectar si existe algún tipo de rotura, perforación, u otro. Reemplazar el sello de acuerdo a lo indicado por el fabricante.
- Revisar el estado de la grifería y sifones, limpiándolos periódicamente.

## 3. Sistemas de iluminación artificial

### Generalidades

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las luminarias más la disminución de flujo luminoso que experimentan las bombillas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación descienda sensiblemente.

Se pueden obtener prestaciones adecuadas de los sistemas de iluminación a través de buenas prácticas de mantenimiento y limpieza de cada luminaria o lámpara existente en la edificación.

***Recomendaciones y calendario de mantenimiento***

- Efectuar semanalmente la limpieza de las luminarias, de manera general (desempolvar las iluminarias)
- Revisar mensualmente el mantenimiento realizado, si se han generados cambios en algunas luminarias, se deberá incorporar como anexo al manual o programa.

## 4. Sistemas de ventilación mecánica

### Generalidades

La condición que debe cumplir el sistema de ventilación mecánica es entregar niveles adecuados de calidad del aire. Un adecuado mantenimiento y limpieza de los equipos de ventilación ayuda al sistema operar en condiciones adecuadas.

### Recomendaciones

Se deberá realizar mantenimiento y limpieza de al menos:

- Rejillas
- Filtros de aire
- Silenciadores
- Humidificadores
- Correas
- Componentes de medición o control
- Conductos de ventilación
- Extractores

La periodicidad de mantenimiento y limpieza debe realizarse según recomendaciones del fabricante. Sin perjuicio de ello, se recomienda una mantención y limpieza mensual, salvo para filtros y rejillas donde la revisión podrá ser anual.

Después de la limpieza, todos estos componentes deben inspeccionarse para garantizar que no se han producido daños y pérdida de funcionalidad de cada instalación.

En el caso de la limpieza de conductos de ventilación pueden usarse los siguientes métodos.

- Método de contacto: Se usa un aspirador por el interior de los conductos de aire.
- Método de arrastre de aire: Consiste en introducir aire comprimido en los conductos para despegar de las superficies las posibles partículas de polvo y suciedad, las cuales serán arrastradas por las propias corrientes de aire y evacuadas del sistema mediante aspiración
- Método de cepillado mecánico: Se realiza a través de un cepillo rotatorio insertado en los conductos para remover y desprender las partículas de suciedad de las paredes, las cuales serán arrastradas a través del conducto hacia un aspirador

## 5. Instalaciones térmicas

### Generalidades

Las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas son entregar niveles adecuados de temperatura a través de las instalaciones de calefacción y climatización. Un adecuado mantenimiento y limpieza de los equipos de climatización e instalaciones térmicas ayuda a que el sistema opere en condiciones apropiadas.

### Recomendaciones

Las mantenciones que deben realizarse y su periodicidad son las indicadas en el "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile" (RITCH 2007) en la sección ITE 08. Mantenimiento, las tablas 8 a 1061.

La siguiente tabla resume las responsabilidades para el mantenimiento de las instalaciones térmicas en función de la potencia instalada.

| Instalaciones | Responsabilidades para la mantenimiento |
|---|---|
| Potencia térmica menor a 100 kW | Debe ser mantenidas de acuerdo con las instrucciones del fabricante de los equipos componentes, por personal calificado |
| Superior a 100 kW térmicos | Desde el momento en que se realiza la recepción provisional de la instalación, el propietario debe realizar las funciones de mantenimiento, sin que estas puedan ser sustituidas por la garantía de la empresa instaladora. El mantenimiento será efectuada por empresas mantenedoras debidamente autorizadas |
| Potencia instalada igual o mayor que 5000 kW de calor y/o 1000 kW en frío | Debe existir un director técnico de mantenimiento que debe poseer como mínimo el título técnico de una especialidad competente. |

Tabla 57: Responsabilidades para mantenimiento de instalaciones térmicas en función de la potencia instalada. Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCH 2007

### Calendario de Mantenimiento

Según lo indicado en el "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile" (RITCH 2007) en la sección ITE 08. Mantenimiento, las tablas 8 a 10

# Glosario y definiciones

La siguiente lista muestra en primer lugar aquellas definiciones y conceptos considerados como de carácter transversal para efectos de la certificación. Luego de ello, las definiciones y conceptos se ordenan en función de temas específicos.

## 1. Definiciones generales

**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.

**Recintos no regularmente ocupados**: Son espacios destinados al tránsito o estadía esporádica de personas, o que son usados por ocupantes en menos de 1 hora al día.

**Recintos regularmente ocupados:** Consiste en todos los espacios habitables, destinados a la permanencia de personas y que son ocupados al menos 1 hora continua al día.

## 2. Confort térmico

**Confort térmico pasivo:** Confort higrotérmico logrado sin la utilización de un sistema de calefacción y o refrigeración activo.

**Confort higrotérmico:** Manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente. En él influyen una serie de factores tales como temperatura del aire, temperatura radiante, humedad, velocidad del aire, metabolismo y vestimenta.

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

## 3. Confort visual

**Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA):** Se define como el porcentaje (%) del área de análisis que está dentro de los niveles de iluminación natural adecuados dentro de un periodo de operación determinado a lo largo del año.

**Campo visual:** Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

**Confort visual**: Manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con las condiciones de iluminación interior, de forma tal que permitan cubrir las necesidades de trabajo y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto.

**Contraste:** Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual.

**Deslumbramiento:** Se define como 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.

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

**Entorno visual:** Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

**Factor Luz Día (FLD)**: Medida de iluminancia de luz natural interior en una posición dada, expresada como un porcentaje de las iluminancias exteriores.

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

**Iluminación Indirecta:** 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.

**Iluminancia útil:** Porcentaje (%) del tiempo en que el plano de trabajo está dentro de un rango de iluminancia recomendada para el espacio o tarea visual.

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

**Índice de deslumbramiento unificado [UGR]:** Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior.

**Luminancia:** 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.

**Plano de trabajo:** Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente para oficinas y similar se considera 0.85 metros.

**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.

**Rendimiento cromático [IRC] de las fuentes lumínicas:** La capacidad 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 Cromático. Un buen rendimiento cromático está indicado por IRC alto.

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

**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, en 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.

**Uniformidad media:** La relación entre la iluminancia del área de tarea y la iluminancia de los espacios circundantes.

## 4. Calidad del aire

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

**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.

**Cobertura de las tasas de renovación por ventilación natural:** Caudal mínimo de ventilación necesario por superficie de recinto según uso para lograr una condición aceptable de concentración de $CO^2$

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

**Abertura de admisión:** Abertura de ventilación que sirve para el ingreso de aire, 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.

**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 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.

**Caudal mínimo:** Ventilación necesaria por superficie de recinto y ocupantes.

**Filtraje:** Capacidad de un elemento -un filtro- para remover y reducir la concentración de partículas o materiales gaseosos desde un caudal de aire, tales como polvo, polen, moho, bacterias y humo.

**Monitoreo de la calidad del aire: C**apacidad de monitorear la concentración de CO2 al interior de recintos de alta ocupación.

**Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Sustancias químicas que contienen carbono y tienden a evaporarse fácilmente a temperatura ambiente. Se encuentran presentes principalmente en los materiales de construcción utilizados en un edificio, así como en los muebles, accesorios y equipos para su decoración y acondicionamiento. Sus efectos a la salud son variables en función del tipo de compuesto, sin embargo de manera general, se considera que el 80% de los COV son potenciales irritantes a la piel, ojos y tracto respiratorio, y el 25% podrían ser cancerígenos. Otros efectos característicos son: dolores de cabeza, irritación de mucosas y disfunciones neuropsicológicas.

## 5. Confort acústico

**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.

**Acondicionamiento acústico**: El acondicionamiento acústico es una estrategia empleada para controlar el tiempo de reverberación al interior de un recinto.

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

**Confort acústico**: Situación en que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para la comunicación y la salud de las personas. Debe estar acorde a la funcionalidad de cada recinto.

**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 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

**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.

**Frecuencia (f):** Número de oscilaciones de una onda sonora sinusoidal ocurridas en una unidad tiempo. Se mide en ciclos por segundo o Hertz (Hz).

**Índice de Reducción Acústica (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 laboratorio según la norma NCh 2786:Of.2003.

**Indice 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.

**Inteligibilidad de la palabra:** Índice de comprensión de la palabra dependiente del nivel y características del ruido de fondo, del tiempo de reverberación y de otras características del recinto.

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

**Reverberación:** Fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto una vez cesada la emisión de la fuente de ruido 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.

## 6. Energía

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

**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.

**Captadores solares:** Son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica.

**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 de energía:** Cantidad de energía (en kWh/m²año) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, compensando el efecto de las pérdidas y ganancias térmicas, y así mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada recinto. Se diferencia del consumo energético en que este último es la energía efectiva utilizada para cubrir la demanda, incorporando el tipo de instalación, el efecto de su eficiencia y sus pérdidas por distribución, entre otros.

**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.

**Emisividad (E):** Es la cantidad de energía que se transmite al exterior, tras recibir una radiación incidente del interior en la banda de frecuencias infrarrojas > 4000 nm. Los factores de emisividad van de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%). Cuanto más baja es la emisividad mejor refleja la energía calorífica. Para el vidrio sin tratar la emitancia es de 0,84.

**Energía renovable no convencional (ERNC):** Energías provenientes de fuentes renovables no convencionales o procesos de cogeneración de alta eficiencia, producidas in-situ o en redes térmicas distritales o "eléctricas locales" , para cubrir en parte la demanda de energía primaria del edificio. Se entenderá por fuentes renovables no convencionales las definidas en la ley 20.257: biomasa, hidráulica inferior a 20MW, geotérmica, solar, eólica, mareomotriz.

**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.

**Factor de sombra (FS):** Es la fracción de la radiación incidente en una superficie semitransparente que es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros (no del vidrio).

**Factor solar de la superficie acristalada ():** 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 , 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.

**Coeficiente de Sombra (CS):** Es la razón entre el "Factor solar de la superficie semitransparente ()" de un vidrio particular "x" respecto a la de un vidrio plano incoloro de 3 mm de espesor. Como referencia, un vidrio incoloro de 3mm posee un CS aproximadamente igual a 1,00 y un g de 0,87.

**Factor Solar modificado**: Es la fracción de la radiación solar que es transmitida a través de la ventana o lucernario, considerando el Factor de Sombra (FS), el factor solar de la superficie acristalada (), la transmitancias térmica y absortividad del marco.

**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, permite el control de las oscilaciones térmicas extremas mediante el fenómeno de inercia térmica.

**Otros consumos de energía**: Energía consumida en procesos diferentes al de iluminación, climatización y ACS.

**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.

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

**Rendimiento nominal**: Representa la razón entre la energía o calor suministrado o extraído de una fuente o ambiente, y el consumo de energía de la maquina que realiza dicha acción (trabajo suministrado a la máquina).

**COP:** *Coefficient of Performance*, o coeficiente de rendimiento. Representa la razón entre el calor suministrado al ambiente a calefaccionar y el trabajo suministrado a la máquina.

**EER**: Energy Efficiency Ratio, o coeficiente de eficiencia energética. Eficiencia de las máquinas frigoríficas, representa la razón entre el calor extraído de la fuente fría y el trabajo suministrado a la máquina.

**Transmitancia térmica (U):** Flujo de calor o energía, en kcal o watt (W), que pasa por unidad de superficie del elemento, en m², y por grado de diferencia de temperaturas, en °C o K, entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Generalmente se mide en (W/m²K)

## i7. Hermeticidad

**Blower door test:** 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. El diferencial de presión produce un flujo de aire, lo que permite identificar y caracterizar los puntos de infiltración.

**Hermeticidad de la Envolvente**: Es un término genérico para describir la resistencia de la envolvente del edificio a las infiltraciones.

**Infiltración:** Es un intercambio de aire no controlado desde el exterior hacia el interior de una edificación a través de grietas, porosidad y otras aperturas no intencionales en la envolvente del edificio. 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.

**Permeabilidad al aire de carpintería de ventanas**: Es una propiedad física utilizada para medir la hermeticidad al aire de la envolvente de un edificio, y se define como el índice de traspaso de aire por hora [$m^3/h$] por $m^2$ de área de envolvente a un diferencial de presión de referencia.

## 8. Declaración Ambiental de Productos (DAP)

**Análisis de ciclo de vida; ACV:** Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida. [ISO 14040:2006]

**Análisis del inventario del ciclo de vida; ICV:** Fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida. [ISO 14040:2006]

**Categoría de impacto:** Clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida. [ISO 14040:2006]

**Categoría de producto:** Grupo de productos de la construcción que pueden cumplir funciones equivalentes. [ISO 21930:2010]

**Familia de productos:** Grupo de productos que poseen compuestos y procesos de producción similares, y por tanto sin variaciones significativas entre los impactos de cada producto, respaldado por un informe de ACV.

**Impacto ambiental:** Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso [ISO 14025]

**Materia prima:** Materia primaria o secundaria que se utiliza para elaborar un producto. [ISO 14040:2006]

**Mecanismo ambiental:** Sistema de procesos físicos, químicos y biológicos para una categoría de impacto dada, que vincula los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida con indicadores de categoría y con puntos finales de categoría. [ISO 14040:2006]

**Módulo de información:** recopilación de datos utilizada como base para la declaración ambiental tipo III que abarca a un proceso unitario o a una combinación de procesos unitarios que forman parte del ciclo de vida de un producto. [ISO 14025]

**Producto auxiliar; producto complementario; productos de construcción:** Que permite a otros productos de construcción cumplir su uso previsto.

**Producto intermedio:** Salida de un proceso unitario que es entrada de otros procesos unitarios que requiere una transformación adicional dentro del sistema. [ISO 14040:2006]

**Producto**: Cualquier bien o servicio. [ISO 14040:2006]

**Productos de construcción:** Bienes o servicios usados durante el ciclo de vida de un edificio u otra obra de construcción. [Adaptado de las Normas ISO 6707-1 e ISO 14021]

**Reglas de categoría de producto; RCP:** Conjunto de reglas específicas, requisitos y guías para el desarrollo de **declaraciones ambientales tipo III** para una o más **categorías de producto**. [ISO 14025]

**Revisión de las RCP:** Proceso en el que un panel de **tercera parte** verifica las **reglas de categorías de producto**. [ISO 14025]

**Salida:** Flujo de producto, de materia o de energía que sale de un proceso unitario. [ISO 14040:2006]. Los productos y las materias incluyen materias primas, productos intermedios, coproductos y emisiones.

**Verificación**: Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva, de que se han cumplido los requisitos especificados. [ISO 14025]
**Verificador**: Persona u organismo que lleva a cabo una verificación. [ISO 14025]

## 9. Agua

**Demanda de agua paisajismo: C**antidad de agua requerida para irrigar el proyecto de paisajismo.

**Dureza del agua**: La dureza del agua se debe principalmente a la presencia y alta concentración de iones de calcio y magnesio.

**Evapotranspiración de proyecto de paisajismo:** Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

**Paisajismo o "arquitectura del paisaje":** Actividad capaz de modificar un espacio exterior, trabajando con elementos orgánicos (flora y fauna) y/o inorgánicos, para satisfacer las necesidades de uso del espacio exterior para un determinado grupo de usuarios, ya sea en un medio urbano o rural.

**Sistema eficiente de riego:** Sistema de riego con características que permiten disminuir el consumo de agua.

**Sistema de agua potable eficiente**: Sistema que contempla elementos para disminuir el consumo de agua, tales como, inodoros, lavamanos y grifería eficientes, sistemas de control. Se excluyen el sistema o llave de riego y la red contra incendios.

## 10. Residuos

**Equipamiento para el Manejo de Residuos durante la operación del edificio**: "Puntos limpios" o contenedores para recibir residuos por separado durante la operación del edificio

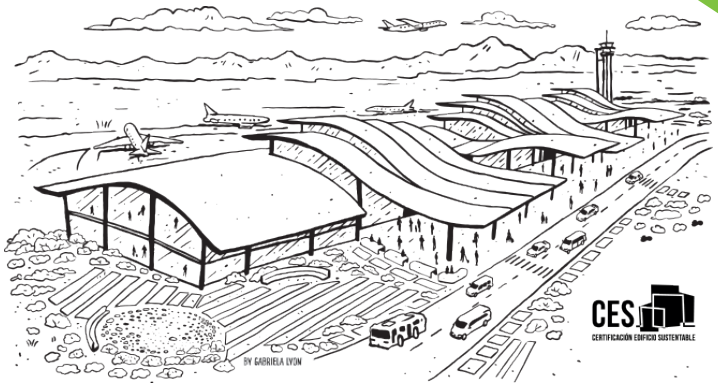
**Manejo de Residuos durante la construcción:** Acciones destinadas a tener un manejo adecuado de los residuos durante la construcción del edificio.

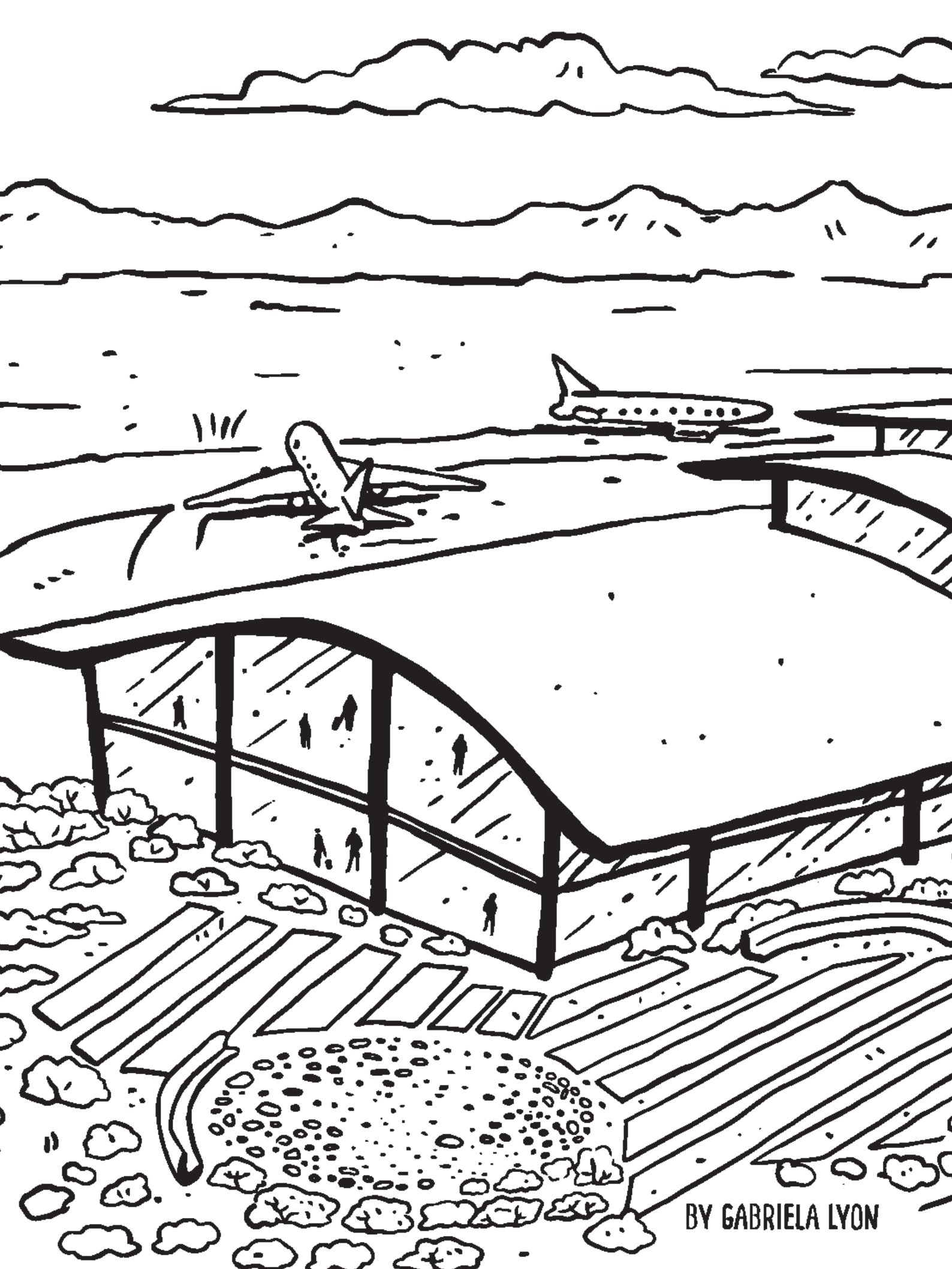
## 11. Diseño Integrado de Anteproyecto

**Diseño Integrado de Anteproyecto:** Es un proceso donde todas las partes implicadas en el desarrollo de un edificio trabajan juntas para lograr el objetivo común de maximizar el resultado final del proyecto a través de un diseño colaborativo. Este enfoque permite no sólo ahorrar dinero en la etapa de proyecto, sino también mejorar el rendimiento durante la etapa de operación con respecto a un edificio proyectado con el sistema tradicional.

## 12. Gestión de la Operación y Mantenimiento

**Gestión de la Operación y Mantenimiento:** Decisiones y acciones destinadas al control y manejo de la infraestructura y el equipamiento, incluyendo actividades de decisión como programación y definición de procedimientos de optimización y control, y de acciones como rutinas preventivas y predictivas.


BY GABRIELA LYON
CES
CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE


BY GABRIELA LYON

CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE

La Concepción 322, Of. 902, Providencia, Santiago
Teléfono: +56 (2) 2235 06 05
e-mail: contacto@certificacionsustentable.cl
www.certificacionsustentable.cl