

EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA FACULTAD INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE (UCM) CON EL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN DE EDIFICIO SUSTENTABLE (CES) Y NORMA NCH 853 - 2007.

R. Busch Montanares¹, F. González Monsalve² y F. Ferraro Castillo³

RESUMEN:

Al momento de diseñar y construir un edificio se busca un confort interior para sus ocupantes, este confort se asocia principalmente a la temperatura del lugar, pero este concepto debe ser actualizado a “calidad del ambiente interior” (CAI), de esta forma se amplía el concepto de confort a visibilidad, humedad, niveles de ruido, paisaje y calidad del aire. También se ha profundizado en la climatización pasiva, al punto de volverse tan o más importante que la activa, es decir, que el diseño, materiales y operación de un edificio puede ser más importante que las maquinas destinadas a climatizar.

El Manual de Evaluación y Calificación del Sistema de Certificación Edificio Sustentable (CES), desde ahora en este documento se denominará Manual CES. Nace con la necesidad de desarrollar edificios sustentables, para aprovechar mejor los recursos y causar un menor impacto en el medio ambiente. La norma Nch 853 regula el diseño de la envolvente térmica de las edificaciones, para aprovechar de mejor manera la energía destinada a climatizar.

Ambos documentos tienen por objeto un mejor diseño de los edificios, para lograr niveles más altos de CAI y menores pérdidas de energías. Estos documentos fueron evaluados en un proyecto que se encuentra en etapa de diseño, dicho proyecto es la nueva facultad de Ingeniería de la Universidad Católica del Maule.

Aplicando los requisitos obligatorios y voluntarios del manual se obtiene una **certificación sobresaliente con 70 pts.** Esta calificación fue realizada desarrollando y aplicando planillas de cálculo en Excel a partir del Manual CES.

PALABRAS CLAVE: Calidad ambiente interior (CAI), Manual Calificación y Evaluación del Sistema de Certificación Edificio Sustentable (CES), norma Nch 853, facultad ingeniería UCM, envolvente térmica.

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, rbusch@ing.ucsc.cl

² Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, fgonzalez@ucsc.cl

³ Profesor Revisor, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, francescferraro@ucsc.cl

ABSTRACT:

When designing and building a building, an interior comfort is sought for its occupants, this comfort is mainly associated with the temperature of the place, but this concept must be updated to interior ambient quality (CAI), thus expanding the concept of Comfort to visibility, humidity, noise levels, landscape and air quality. It has also deepened passive climate control, to the point of becoming as or more important than the active, that is, the design, materials and operation of a building can be more important than the machines used to air condition.

The Manual for Evaluation and Qualification of the Sustainable Building Certification System (CES), from now on in this document it will be called CES Manual.

Was born with the need to develop sustainable buildings, to make better use of resources and cause a lesser impact on the environment. The Nch 853 standard regulates the design of the thermal envelope of buildings to take better advantage of the energy used to air-condition.

Both documents are aimed at a better design of buildings, to achieve higher levels of QAI and lower energy losses. These documents were evaluated in a project that is in design, the project is the new faculty of Engineering of the Catholic University of Maule.

When qualifying the building, this one obtains through the fulfillment of some obligatory and voluntary requirements, an **outstanding certification with 70** pts is obtained. This qualification was carried out by developing and applying spreadsheets in Excel from the CES Manual.

KEYWORDS: Interior environment quality (QAI), Manual Calification and evaluation (CES), Nch 853 standard, UCM engineering faculty, thermal envelope.

1. INTRODUCCION

Con el paso del tiempo los residentes u ocupantes de los edificios de espacios públicos han ido demandando más y mejores condiciones de habitabilidad en estos recintos, esto trae como consecuencias una mayor demanda de recursos y mayor producción de residuos, lo que a su vez trae como efecto directo una mayor contaminación y deterioro medio ambiental, como además un mayor gasto económico de operación y mantención de estos edificios, es por eso que se desarrolla el sistema nacional de certificación de calidad ambiental y eficiencia energética para edificios de uso público y la norma Nch 853 - 2007.

Ambos documentos entregan métodos y parámetros para reducir las pérdidas de energía y consumo, de esta forma disminuir sus emisiones y residuos, además el Manual CES entrega parámetros para desarrollar de forma eficiente y eficaz los proyectos desde sus inicios, durante su construcción y finalmente en su operación.

Para poder conseguir todo lo antes mencionado, lo principal es trabajar en la climatización pasiva, especialmente en la envolvente térmica, ya que de esta forma podemos reducir el gasto energético, estos conceptos están siendo abordados hace no mucho tiempo, partiendo con las ventanas termo paneles, sistemas de aislación más eficiente como el EIFS u otros, también aprovechando de mejor manera la orientación del sol, evitando orientación de ventanas y puertas en la dirección del viento, como también manejando la humedad interior.

El presente estudio tiene como objetivo, aplicar el Manual CES con sus respectivas planillas de cálculo y aplicarlo a un proyecto que será evaluado con este manual, dicho proyecto se encuentra en etapa de diseño. Se evaluará el nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica del Maule, además se desarrolló la memoria y planillas de cálculo para la norma Nch 853 of. 2007 y se evaluó en el mismo proyecto. La norma Nch 853 of. 2007 entrega los métodos para calcular la envolvente térmica del edificio y el Manual CES entregara el grado de sustentabilidad del edificio.

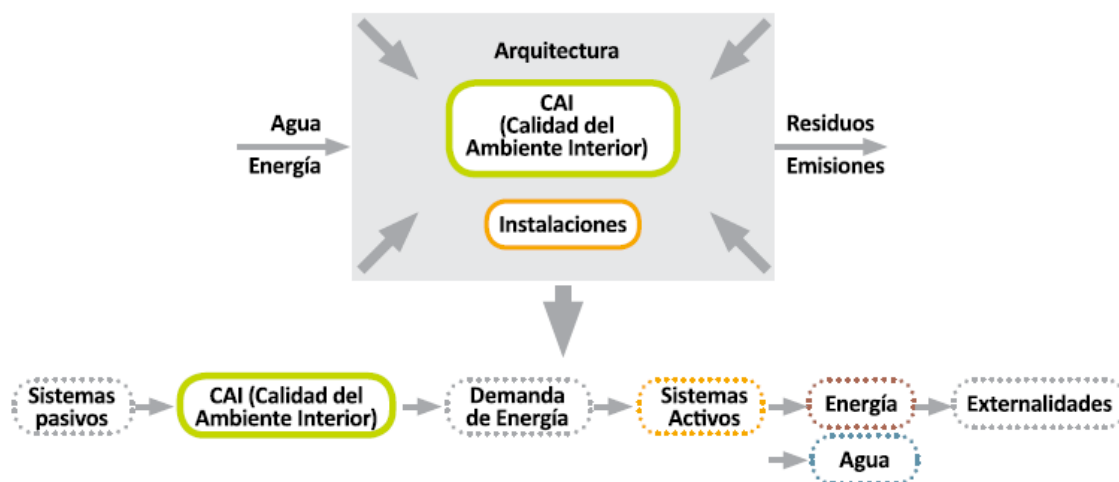


Figura 1: Esquema de recursos, residuos y emisiones; además de sistemas activos o pasivos.

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

2. OBJETIVO GENERAL

Calificar y evaluar el nuevo edificio de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica del Maule, para determinar su grado de sustentabilidad.

2.1 Manual Evaluación y Calificación sistema Certificación Edificio Sustentable (CES).

Desarrollar las planillas de cálculo y aplicarlas en el proyecto ya mencionado, con el fin de poder certificar el edificio en estudio.



Sistema Nacional de Certificación de
Calidad Ambiental y Eficiencia Energética
para Edificios de Uso Público

Figura 2: Portada Manual Evaluación y Calificación sistema Certificación Edificio Sustentable.
Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

2.2 Norma Nch 853 - 2007.

Desarrollar las planillas y memoria de cálculo para aplicarlas en el proyecto ya mencionado, obteniendo de esta forma su envolvente térmica.

3. EDIFICIO POR EVALUAR

Nuevo edificio de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica del Maule (UCM),
Al cual se le aplicara el Manual CES y la norma Nch 853 - 2007.



Figura 3: Fachada norte del nuevo edificio de la facultad de ingeniería de la UCM.

Fuente: Modelación facultad ing. UCM. En REVIT 2017, consultora EQUIA.

4. ALCANCES

4.1 Manual Evaluación y Calificación del Sistema Certificación Edificio Sustentable (CES).

Este sistema puede ser utilizado para edificios de uso público (administración pública o privada), con la condición mínima de que sea un recinto regularmente ocupado.

Para esta versión del manual se acotó a los siguientes edificios:

- Destino educación.
- Destino salud, excluyendo hospitales, clínicas, cementerios y crematorios.
- Destino servicios, excluyendo cárceles y centros de detención.
- Destino social.

Este sistema contempla la existencia de 2 etapas mínimas de certificación y una tercera opcional:

Etapas mínimas:

- 1) Pre-certificación: se evalúa el proyecto.
- 2) Certificación: se evalúa la construcción del proyecto.

Etapas opcionales:

- 3) Sello “plus operación”: se evalúa la operación del proyecto.



Figura 4: Cuadro resumen de las etapas de certificación.
Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

La pre-certificación se puede aplicar en las siguientes instancias:

- Proyecto en su diseño de arquitectura y especialidades terminado.
- Proyecto en su etapa de construcción.
- Proyectos ya construidos sujetos a mejoramiento (retrofit).

La estructura general del manual se ha establecido de la siguiente forma: la pre-certificación y certificación se basa en **23 variables**, desagregada en **15 requerimientos obligatorios** y **33 requerimientos voluntarios** (también entregan puntaje).

Para este manual **el comportamiento ambiental se ha centrado en 5 aspectos:**

- 1- Calidad del aire interior (CAI).
- 2- Energía
- 3- Agua
- 4- Residuos
- 5- Gestión

Dichas temáticas se **han agrupado en 4 categorías:**

- a. Diseño arquitectónico pasivo (arquitectura).
- b. Diseño sistemas activos (instalaciones).
- c. Construcciones (manejo de residuos durante la construcción).
- d. Operación (gestión de la operación y mantenimiento).

Grados de calificación y certificación:

- Edificio certificado: 30 a 54.5 pts
- Certificación destacada: 55 a 69.5 pts
- Certificación sobresaliente: 70 a 100 pts

A continuación, se presenta el desglose de las variables, requerimientos y puntajes en función de su zona climática y destino. Además, su correspondiente nomenclatura

a1: ARQ. CAI; **a2:** ARQ. Energía; **a3:** ARQ. Agua; **a4:** ARQ. Residuos; **b1:** INST. CAI;
b2: INST. Energía; **b3:** INST. Agua; **c:** Construcción; **d:** Gestión

NL: Norte litoral; ND: Norte desértica; NVT: Norte valles transversales; CL: Central litoral;
CI: Central interior; SL: Sur litoral; SI: Sur interior; SE: Sur extremo; An: Andina.

Variable	Requisitos Obligatorios O	Requerimientos Voluntarios con puntaje V	Puntaje (máx. 100)					
			NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An			
			Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud		
ARQ. Calidad del Ambiente Interior	ARQ.CAI 1 Confort térmico - pasivo	- Ver 5R	1.1	% de tiempo que la T° se encuentra dentro del rango de confort de manera pasiva.	16	10	16	10
	ARQ.CAI 2 Confort visual - pasivo	2R Factor Luz Día o Iluminancia útil mínimos.	2.1	Aporte luz natural, en Factor Luz Día (FLD), Iluminancia Útil o Autonomía de Iluminación (SDA).	5,0	6,5	5,0	6,5
				Control de Deslumbramiento (DGP)	1,0	1,0	1,0	1,0
				2.2 Acceso visual al exterior	1,0	1,5	1,0	1,5
	ARQ.CAI 3 Calidad del aire - pasivo	3R Superficie mínima de ventana o caudal mínimo de aire.	3.1	Cobertura de las tasas de renovación por ventilación natural	6,0	7,5	6,0	7,5
				3.2 Concentración máxima de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	2,5	3,0	2,5	3,0
	ARQ.CAI 4 Confort acústico	4R Aislación acústica mínima de fachadas exteriores	4.1	Aislamiento acústico de fachada	2,0	3,0	2,0	3,0
				Aislamiento acústico al ruido aéreo entre dos recintos	1,0	2,0	1,0	2,0
			4.2	Acondicionamiento acústico - tiempo de reverberación	1,5	1,5	1,5	1,5
				Acondicionamiento acústico - inteligibilidad de la palabra (STI)	0,5	0,5	0,5	0,5
ARQ. Energía	ARQ. Energía 5 Demanda de energía	5R Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar Modificado	5.	Opción 1. Evaluación prestacional: disminución de la demanda de energía para calefacción, enfriamiento e iluminación.	18	18	18	18
				Opción 2. Evaluación prescriptiva – Transmitancia térmica y factor solar modificado (FSM)*	10	10	10	10
	ARQ. Energía 6 Hermeticidad de la envolvente	6R Sellos exteriores para carpintería y paso de instalaciones	6.	Infiltraciones por la envolvente y permeabilidad al aire de carpinterías de ventana.	3,0	3,0	3,0	3,0
	ARQ. Energía 7 Energía incorporada	- N/A	7.	Porcentaje de los materiales estructurales del edificio en que se declara la información de energía incorporada.	4,0	4,0	4,0	4,0

Figura 5: Cuadro resumen variables y requerimientos del 1 al 7.

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

Variable	O		V		Puntaje (máx. 100)					
	Requisitos Obligatorios		Requerimientos Voluntarios con puntaje		NL-NVT-ND-CI-CL		SI-SI-SE-An			
					Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud		
ARQ. Agua	8	ARQ. Agua Paisajismo	8R	Reducir en un 20% la evapotranspiración	8.	Disminución de la evapotranspiración del proyecto de paisajismo	2,0	2,0	1,0	1,0
	9	ARQ. Agua Agua Incorporada	-	N/A	9.	Porcentaje de los materiales estructurales del edificio en que se declara la información de agua incorporada.	1,0	1,0	1,0	1,0
ARQ. Residuos	10	ARQ. Residuos Manejo de residuos	-	N/A	10.	Incorporar equipamiento y elementos que permitan la separación de los residuos durante la operación del edificio	1,0	1,5	1,0	1,5
INST. Calidad de Ambiente Interior	11	INST. CAI Calidad del aire - activo	11R1	Tasas mínimas de ventilación	11.1	Ventilación Mecánica - Caudal de diseño	3,0	3,0	6,0	6,0
			11R2	Eficiencia mínima de filtraje.	11.2	Ventilación Mecánica - Filtraje	1,0	1,0	2,0	2,0
			11R3	No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta	11.3	Monitoreo de la calidad del aire	1,0	1,0	1,0	1,0
	12	INST. CAI Ruido equipos	-	N/A	12.	Control del ruido proveniente de equipos	1,0	0,5	1,0	0,5
13	INST. CAI Confort visual - activo	13R	Condiciones de diseño mínimas	13.	<ul style="list-style-type: none"> Índice de Deslumbramiento UGR ≤ 19 ó 22 Rendimiento cromático (IRC) > 80 Uniformidad media ≥ 0.5 En un 100% de los recintos regularmente ocupados	1,0	1,0	2,0	2,0	
14	INST. CAI Confort térmico - activo	14R	Definir condiciones de diseño de climatización	14.	Controlabilidad de la climatización	2,0	2,0	2,0	2,0	
INST. Energía	15	INST. Energía Iluminación artificial	-	N/A	15.1	Potencia instalada, en w/m ²	3,0**	3,0**	3,0**	3,0**
					15.2	Sistemas de control	2,0**	2,0**	2,0**	2,0**
	16	INST. Energía Climatización y ACS	16R	Aislación térmica en distribución de calor y frío	16.1	Relación de la potencia requerida e instalada	2,0**	2,0**	2,0**	2,0**
			Ver también 14R	16.2	Rendimiento nominal de equipos de climatización y ACS	8,0**	8,0**	8,0**	8,0**	

Figura 6: Cuadro resumen variables y requerimientos del 8 al 16.

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

Variable	Requerimientos Obligatorios O		Requerimientos Voluntarios con puntaje V		Puntaje (máx. 100)					
					NL-NVT-ND-CI-CL		SI-SI-SE-An			
					Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud		
INST. Energía	17	Otros consumos	-	N/A	17	Reducción de la potencia de equipos y artefactos	1,0 **	1,0**	1,0**	1,0**
	18	ERNC	-	N/A	18	Cobertura del consumo de energía mediante ERNC o procesos de cogeneración de alta eficiencia.	2,0 **	2,0**	2,0**	2,0**
INST. Agua	19	Sistemas de Agua Potable	19R	Reducir en un 20% el consumo de agua potable.	19.1	Reducción del consumo de agua potable, en m ³ año	6,0	6,0	2,5	2,5
					19.2	Reducción de la dureza del agua	0,5	0,5	0,5	0,5
INST. Agua	20	Riego	20R	Reducir en un 20% el consumo de agua para riego	20.	Eficiencia hídrica del sistema de riego	1,0	1,0	0,5	0,5
CONST.	21	Manejo de Residuos	21R	"Medidas de control y mitigación" durante la construcción	21.	Separación, control y reciclaje de residuos generados durante la construcción	1 Este puntaje es adicional al total del 100.			
GESTION	22	Diseño Integrado de Anteproyecto	-	N/A	22.	Generar las condiciones y desarrollar un proceso de diseño integrado	4 Este puntaje es adicional al total del 100.			
GESTION	23	Gestión de la Operación y mantenimiento	-	N/A	23.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención Sello • Plan anual de gestión, mantención y reposición de los sistemas del edificio. • Compromiso de registro y entrega de información de consumos mensuales de energía, agua, mantenciones y reposiciones. • Compromiso de realizar encuestas de satisfacción a los usuarios del edificio. • Revisión anual Entregar informe de auto-diagnóstico para revisión. Al tercer año se renueva el sello.	"SELLO PLUS OPERACIÓN"			

Figura 7: Cuadro resumen variables y requerimientos del 17 al 23.

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

Para fines de este estudio hay variables que no se estudiaron dado que involucraban aspectos no tan relevantes en la calidad ambiental interior desde el punto de vista térmico y energético, como lo son los puntos que se describen a continuación:

- **OBLIGATORIOS:**

- ARQ. CAI 4R= Confort acústico: Aislación acústica mínima de fachadas exteriores.
- ARQ. AGUA 8R= Paisajismo: Reducir un 20% la evotranspiración.
- INST. AGUA 19R= Sistemas de agua potable: Reducir un 20% el consumo de agua potable.
- INST. AGUA 20R= Riego: Reducir en un 20% el consumo de agua para riego.
- INST. RESIDUOS 21R= Manejo de residuos: Medidas de control y mitigación durante la construcción.

- **VOLUNTARIOS:**

- ARQ. CAI 1= Confort térmico pasivo: cantidad de horas fuera del rango de confort térmico.
- ARQ. CAI 2.1= confort visual pasivo: Luz natural.
- ARQ. CAI 2.2= confort visual pasivo: Acceso visual al exterior.
- ARQ. CAI 4.1= Confort acústico: Aislamiento acústico.
- ARQ. CAI 4.2= Confort acústico: Acondicionamiento acústico.
- ARQ. AGUA 8= Paisajismo: Disminución de la evotranspiración.
- ARQ. AGUA 9= Agua incorporada en los materiales estructurales del edificio.
- INST. CAI 12= Control del ruido y vibraciones provenientes de equipos.
- INST. CAI 13= Confort visual activo: Condiciones de diseño mínimas.
- INST. CAI 16.1= Climatización y ACS: Relación de la potencia requerida e instalada.
- INST. CAI 16.2= Climatización y ACS: Rendimiento nominal.
- INST. AGUA 19.1= Sistema de agua potable: Sistemas eficientes.
- INST. AGUA 19.2= Sistema de agua potable: dureza del agua.
- INST. AGUA 20= Riego: Sistemas eficientes.
- CONST. RESIDUOS 21= Manejo de residuos durante la construcción.
- GESTIÓN 22= Diseño integrado de anteproyecto.
- GESTIÓN 23= Gestión de la operación y mantenimiento.

4.2 Norma Nch 853 - 2007. “Acondicionamiento térmico-Envolvente térmica de edificios-Calculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

Esta norma es obligatoria y establece los procedimientos de cálculos para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de los elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas diferentes.

Los procedimientos de cálculo que se establecen en esta norma están basados en el supuesto que el flujo térmico se desarrolla de acuerdo con la ley de Fourier, en régimen estacionario.

Los valores determinados según esta norma son útiles para el cálculo de transmisión de calor, potencia de calefacción, refrigeración, energía térmica y aislaciones térmicas de envolventes en la edificación.

4.3 Nuevo edificio de la facultada de ingeniería de la Universidad Católica del Maule (UCM).

el nuevo edificio de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica del Maule se ubicará en la ciudad de Talca, en la séptima región del Maule, este edificio será de hormigón armado, recubierto con poligyp (revestimiento térmico interior compuesto de una placa yeso-cartón y poliestireno expandido), y EIFS (revestimiento térmico exterior compuesto de poliestireno expandido y una placa de terminación) para su aislación, y sus ventanas serán de termo panel (cristales Low-e, termopanel común).

El destino de este edificio será de oficinas, salas de clases y un auditorio para lo cual se requieren temperaturas y niveles de calidad ambiental interior diferentes para cada sector, además este edificio busca una alta eficiencia energética por lo que será diseñado a partir de la norma Nch 853 y el manual CES. además, para su climatización se utilizarán 3 equipos chillers, uno polivalente y 2 bomba calor reversible, además usara 10 recuperadores de calor, que prestan servicio de forma diferenciada a el edificio para satisfacer de mejor forma los requerimientos de los distintos sectores. El edificio es de 4 pisos más un subterráneo con una superficie mayor a 9000 m² aprox.

Este edificio es de uso público, pero de administración privada, y se encuentra en proceso de proyecto por lo que puede ser evaluado desde su inicio, pero en algunos procesos constructivos y resultados de pruebas de campo, se harán suposiciones basadas en la experiencia.

5. METODOLOGÍA REQUISITOS OBLIGATORIOS

- ARQ. CAI 2R

Opción 1

FLD (Factor luz día) ≥ 2 , para; $\geq 75\%$ de la superficie de los recintos normalmente ocupados.

Opción 2

IU (iluminancia útil) \geq los valores de la siguiente tabla.

Tabla 1: Mínimo IU por zonas climáticas.

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación.

Mínimo por zonas climáticas		
NL – NVT - ND - An	CL-CI	SL-SI-SE
60%	50%	40%

Esto debe ser $\geq 75\%$ de la superficie de los recintos normalmente ocupados.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA ARQ. CAI 2R de elaboración propia).

- ARQ. CAI 3R

I) Primero verificar si el lugar cuenta con ventilación mecánica, de ser así, se le otorga todo el puntaje.

II) Opción 1

La superficie practicable efectiva de las ventanas $\geq 4\%$ de superficie útil del recinto. De no cumplir esto, se debe verificar con opción 2.

III) Opción 2

Ventilación natural $\geq 75\%$ de los recintos normalmente ocupados.

Usando el método TDR_e de la DA MOP, 2012.

$$Q_{av} \geq Q_{ah}$$

$$Q_{av} = 1800 * A_v * V^{0.5} \quad (1)$$

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

$$Q_{ah} = \frac{Q_p * P_s * S * 10^3}{IDA} \quad (3)$$

Donde:

Q_{ah} = Caudal de aire requerido (m³/h).

Q_p = Caudal de CO₂ generado por persona (l/ (h x persona)).

P_s = Personas por superficie (persona/m²).

S = Superficie de edificación (m²).

10³ = conversión de unidades.

IDA= Concentración límite de CO₂ por tipología de edificación.

Q_{av} = Caudal de aire (m³/h).

A_v = Área de abertura de la ventana (m²).

V = Velocidad del viento (m/h)

$C_t = 0,01$: Coeficiente que toma en cuenta las turbulencias del viento (s/d)

$C_w = 0,001$: 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)

H_v = Altura de la ventana (m).

T_i = Temperatura media anual interior del recinto (°C).

T_e = Temperatura meteorológica media anual exterior de la localidad (°C).

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA ARQ. CAI 3R de elaboración propia)

- ARQ. ENERGÍA 5R

Determinar la transmitancia térmica de la envolvente y el factor solar modificado del edificio y compararlo con los parámetros del manual.

- Muros:
$$R_t = \frac{1}{U} = R_{si} + \frac{e}{\lambda} + R_{se} \quad (4)$$

U= transmitancia térmica del material.

$\frac{e}{\lambda}$ = Resistencia térmica del material.

R_{si} = Resistencia térmica de superficie al interior.

R_{se} = Resistencia térmica de superficie al exterior.

-Ventanas: Dato

-Techo: Muro

-Factor solar modificado:

$$FSM = FS * [(1-Fm) * g_{\perp} + Fm * 0,04 * Um * \alpha] \quad (5)$$

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.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA ARQ. ENERGÍA 5R de elaboración propia)

- ARQ. ENERGÍA 6R

Comparar ficha técnica de los sellos instalados de la envolvente con lo requerido en planilla:
ARQ. ENERGÍA 6R.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA ARQ. ENERGÍA 6R de elaboración propia)

- **INST. CAI 11R1**

Verificar que se cumpla **ARQ. CAI 3R y INST. CAI 11R2**

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. CAI 11R1 de elaboración propia)

- **INST. CAI 11R2**

Verificar que se cumpla una eficiencia de los filtros de partículas, de modo de cumplir con un alto nivel de calidad del aire.

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad (6)$$

V_{bz} = Flujo de aire requerido (L/s)

R_p = Flujo de aire requerido por persona (L/s*persona)

P_z = Número de personas (personas)

R_a = Flujo de aire requerido por superficie (L/s*m²)

A_z = Superficie de ventilación (m²)

$$V_{oz} = \frac{V_{bz}}{E_z} \quad (7)$$

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

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. CAI 11R2 de elaboración propia)

- **INST. CAI 11R3**

Verificar en terreno que no se ocupe calefacción de combustión en base a llama abierta.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. CAI 11R3 de elaboración propia)

- INST. CAI 13R

Cumplir con la iluminancia artificial mínima, comparar lo medido en terreno con los parámetros del manual.

$$K = L \times A / H \times (L + A) \quad (8)$$

L= Longitud del local (m)

A= Anchura del local (m)

H= Distancia del plano de trabajo a las luminarias (m)

Además, verificar si cumple con control mediante fotoceldas y control horario programado.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. CAI 13R de elaboración propia)

- INST. CAI 14R

Comprobar si se declararon algunas condiciones mínimas para el diseño. Ver especificaciones técnicas.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. CAI 14R de elaboración propia)

- INST. ENERGÍA 16R

Ver en ficha técnica los espesores de los aislantes de las redes térmicas y ver que estas cumplan con los mínimos.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA INST. ENERGÍA 16R de elaboración propia)

REQUISITOS VOLUNTARIOS**- ARQ. CAI 3.1**

D) Opción 1

Ventilación natural $\geq 75\%$ de los recintos normalmente ocupados.

Usando el método TDRe de la DA MOP, 2012.

$$Q_{av} \geq Q_{ah}$$

$$Q_{av} = 1800 * A_v * V^{0.5} \quad (9)$$

$$V = C_t + C_w + V_m^2 + C_{st} * H_v * |(T_i - T_e)| \quad (10)$$

$$Q_{av} = \frac{Q_p * P_s * S * 10^3}{IDA} \quad (11)$$

Q_{ah} = Caudal de aire requerido (m³/h).

Q_p = Caudal de CO₂ generado por persona (l/ (h x persona)).

P_s = Personas por superficie (persona/m²).

S = Superficie de edificación (m²).

10³ = conversión de unidades.

IDA= Concentración límite de CO₂ por tipología de edificación.

Q_{av} = Caudal de aire (m³/h).

A_v = Área de abertura de la ventana (m²).

V = Velocidad del viento (m/h)

$C_t = 0,01$: Coeficiente que toma en cuenta las turbulencias del viento (s/d)

$C_w = 0,001$: 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)

H_v = Altura de la ventana (m).

T_i = Temperatura media anual interior del recinto (°C).

T_e = Temperatura meteorológica media anual exterior de la localidad (°C).

II) Opción 2

$$Q_v = C_d * A * ((2 * P/p))^{0.5} \quad (12)$$

$$V = V_{met} * \left(\frac{Y_{met}}{H_{met}}\right)^{a_{met}} * \left(\frac{Y}{H}\right)^{0.5} \quad (13)$$

$$P = C_p * P_v \quad (14)$$

$$P_v = \frac{V^2 * p}{2} \quad (15)$$

Pv= Presión (pa)

H= Altura ventana(m)

Vmet= Velocidad medida en estación meteorológica

Ymet= Espesor capa límite en estación (270m)

Hmet= Altura estación meteorológica (10m)

amet= Valor estación meteorológica (0.14)

Qv= Caudal (m/s)

A= Área ventana (m²)

Cd= Factor perdida para ventana (0.6)

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES (V); VIÑETA ARQ. CAI 3.1 de elaboración propia)

- ARQ. CAI 3.2

Ver en especificaciones técnica del proyecto, si contiene lo requerido.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(O); VIÑETA ARQ. CAI 3.2 de elaboración propia)

- ARQ. ENERGIA 5

$$\sum Qi \quad (16)$$

$\sum Qi$ = Suma de todos los consumos de artefactos eléctricos.

- Muros: $R_t = \frac{1}{U} = R_{si} + \frac{e}{\lambda} + R_{se} \quad (17)$

U= Transmitancia térmica del material.

$\frac{e}{\lambda}$ = Resistencia térmica del material.

R_{si} = Resistencia térmica de superficie al interior.

R_{se} = Resistencia térmica de superficie al exterior.

-Ventanas: Dato

-Techo: Muro

-Factor solar modificado:

$$FSM = FS * [(1-Fm) * g_{\perp} + Fm * 0,04 * Um * \alpha] \quad (18)$$

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.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA ARQ. ENERGIA 5 de elaboración propia)

- ARQ. ENERGÍA 6

Realizar prueba de hermeticidad durante la construcción y ver que cumpla con lo requerido, además verificar que la carpintería de ventanas expuestas al viento tenga certificación.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA ARQ. ENERGIA 6 de elaboración propia)

- ARQ. ENERGÍA 7

Verificar si los materiales estructurales cuentan con las etiquetas ambientales correspondientes (tipo 1 o 3).

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA ARQ. ENERGIA 7 de elaboración propia)

- ARQ. RESIDUOS 10

Corroborar que el proyecto cuente con un equipamiento para diferentes residuos y un ducto transversal que recoja los desechos.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA ARQ. RESIDUOS 10 de elaboración propia)

- **INST. CAI 11.1**

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad (19)$$

V_{bz} = Flujo de aire requerido (L/s)

R_p = Flujo de aire requerido por persona (L/s*persona)

P_z = Número de personas (personas)

R_a = Flujo de aire requerido por superficie (L/s*m2)

A_z = Superficie de ventilación (m2)

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. CAI 11.1 de elaboración propia)

- **INST. CAI 11.2**

Ver ficha técnica de los filtros y comparar con lo requerido.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. CAI 11.2 de elaboración propia)

- **INST. CAI 11.3**

Corroborar que se realice un monitoreo instantáneo de las concentraciones de CO2 al interior de del edificio, en los recintos de alta ocupación (4m2/persona).

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. CAI 11.3 de elaboración propia)

- **INST. CAI 14**

El proyecto debe considerar algún tipo de control de la climatización, ver qué tipo de control tiene y comparar con la tabla de la viñeta.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. CAI 14 de elaboración propia)

- **INST. ENERGÍA 15.1**

Sumar todas las ampolletas, tanto interiores como exteriores y comparar con el edificio de referencia.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. ENERGIA 15.1 de elaboración propia)

- **INST. ENERGÍA 15.2**

El proyecto debe considerar algún tipo de control de iluminación, ver qué tipo de control tiene y comparar con la tabla de la viñeta.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. ENERGIA 15.2 de elaboración propia)

- **INST. ENERGÍA 17**

Verificar que los equipos de oficina tengan etiquetas de eficiencia energética y que la reducción cumpla con lo planteado en la viñeta.

Nota: cálculos realizados en planillas de cálculo Excel (PLANILLAS CES(V); VIÑETA INST. ENERGIA 17 de elaboración propia)

- **INST. ENERGÍA 18**

$$EP_c = KWh_{dt} + KWh_{de} \quad (20)$$

$$KWh_{dt} = \frac{KWh \text{ demanda}}{RE} * FEP \text{ Electricidad} \quad (21)$$

$$KWh_{de} = \frac{KWh \text{ demanda}}{FEP \text{ Electricidad}} \quad (22)$$

EP_c = Energía primaria

KWh_{dt} = Consumo de energía para climatización

KWh_{de} = Consumo de energía para iluminación, ventilación, equipos y artefactos.

KWh demanda = Energía consumida en KWh, de los equipos de climatización.

FEP Electricidad = Energía consumida en KWh, de los equipos de iluminación, ventilación, equipos y artefactos.

RE = Rendimiento estacionario del equipo.

6. RESULTADOS

Tabla N° 2: Puntajes obtenidos de los requisitos voluntarios.

Fuente: Elaboración propia.

REQUISITOS	PTS (edificio objeto)	PTS (máximos obtenibles)
ARQ. CAI 3.1	7.5	7.5
ARQ. CAI 3.2	-	3
ARQ ENERGÍA 5	2	18
ARQ ENERGÍA 6	-	3
ARQ. ENERGÍA 7	4	4
ARQ. RESIDUOS 10	1	1
INST. CAI 11.1	1.5	3
INST. CAI 11.2	0.5	1
INST. CAI 11.3	-	1
INST. CAI 14	1	2
INST. ENERGÍA 15.1	3	3
INST. ENERGÍA 15.2	1	2
INST. ENERGÍA 17	-	1
INST. ENERGÍA 18	-	2
TOTAL	21.5	51.5

Tabla N° 3: Puntajes obtenidos de los requisitos obligatorios.

Fuente: Elaboración propia.

REQUISITOS	PTS (edificio objeto)	PTS (máximos obtenibles)
ARQ. CAI 2R	9	9
ARQ. CAI 3R	10.5	10.5
ARQ. ENERGÍA 5R	18	18
ARQ. ENERGÍA 6R	3	3
INST. CAI 11R1	3	3
INST. CAI 11R2	1	1
INST. CAI 11R3	1	1
INST. CAI 13R	1	1
INST. CAI 14R	0	2
INST. CAI 16R	2	2
TOTAL	48.5	50.5

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de aplicar el Manual de Certificación y Calificación del Sistema de Certificación de Edificio Sustentable, se obtiene a través de los puntos obligatorios y voluntarios un grado de: **Certificación sobresaliente con 70 pts.** Aun cuando no se tomaron en cuenta todos los requerimientos y no se podían realizar las pruebas en terreno ya que aún no está construido el edificio, pero este resultado era esperable dado que el proyecto aborda energías más limpias, eficientes y un diseño que optimiza el uso de estas, como además en tecnologías constructivas que aseguran mejor comportamiento pasivo del edificio en términos de climatización, especialmente el uso de termo paneles y EIFS y en sistemas activos el proyecto cuenta con bombas de calor polivalente (frio-calor) y recuperadores de calor.

La modelación en REVIT nos permite calcular la carga de calefacción necesaria para mantener la temperatura en condiciones de confort el edificio (24°), mostrando cuales son los factores que influyen en las pérdidas de energía.

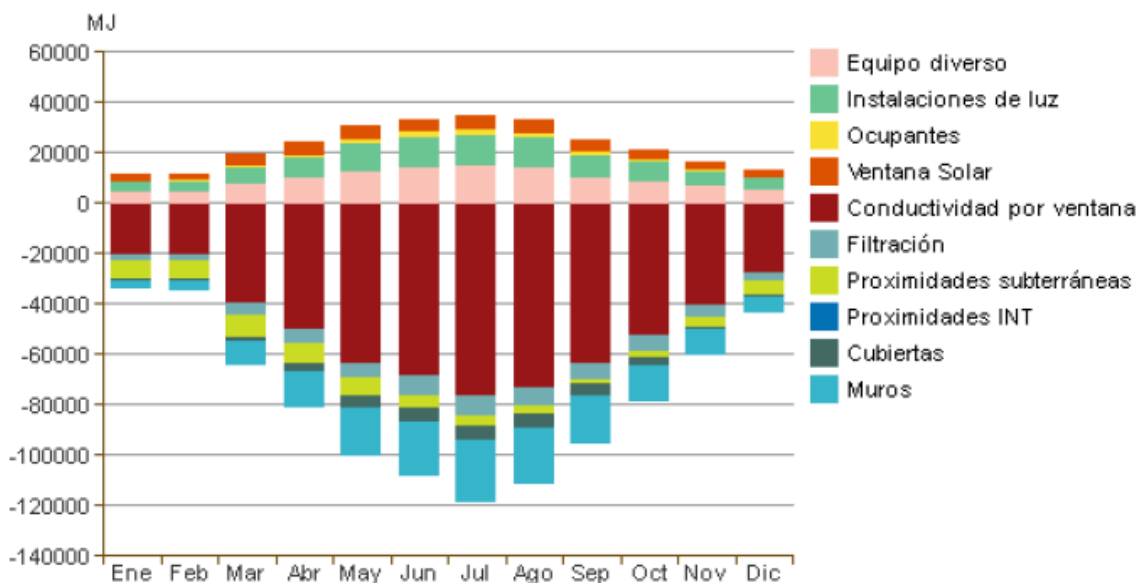


Figura 8: Distribución de la carga de calefacción del edificio fac. ingeniería UCM.

Fuente: Modelación facultad ing. UCM. En REVIT 2017, consultora EQUIA.

8. SOLUCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Adicionalmente en este trabajo se investigó brevemente sobre una solución energética usada en el proyecto para optimizar aún más los sistemas de climatización. Dicha solución es el recuperador de flujo cruzado.

Los intercambiadores de calor de flujo cruzado funcionan mediante ventiladores de extracción y de inyección, además de un intercambiador de placas que permite el cruce y contacto de placas que contienen flujo que se está extrayendo desde el interior del recinto con el flujo que está ingresando desde el exterior, este contacto de las placas permite que el flujo que está ingresando tienda a igualarse en temperatura al flujo que está saliendo, eso sí, los flujos jamás se mezclan. Este sistema permite extraer aire húmedo o viciado e ingresar aire fresco para un mejor confort térmico y un considerable ahorro de energía (hasta un 40%), ya que son capaces de recuperar hasta el 60% del calor. Algunos parámetros que tener en consideración son los límites de temperatura, de caudal y de tipos de gases a extraer (para casos industriales).

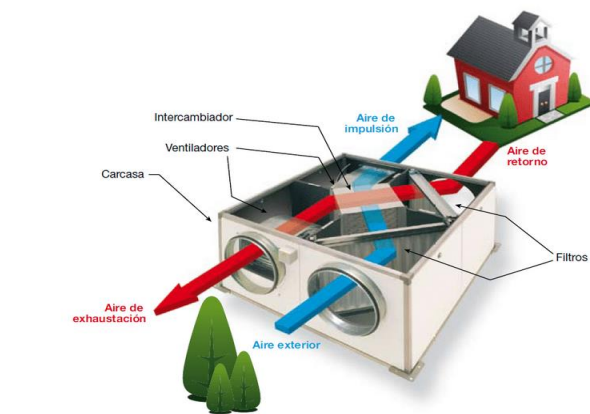


Figura 9: Cuadro del funcionamiento de un recuperador de calor cruzado en una vivienda.

Fuente: Soler y Palau.

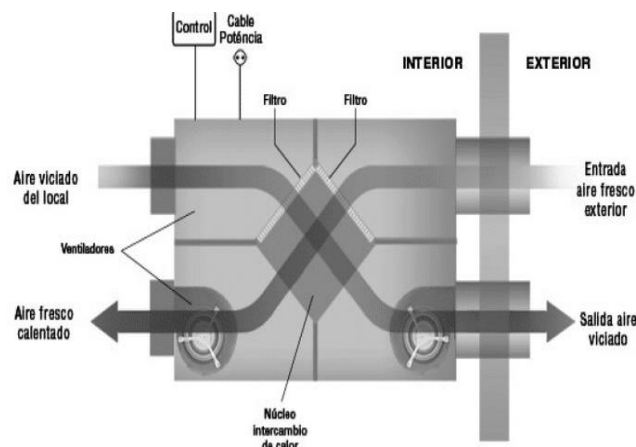


Figura 10: Desglose del intercambiador de calor de flujo cruzado.

Fuente: Salvador Escoda.

9. CONCLUSIONES

El Manual de Certificación y Calificación del Sistema de Certificación de Edificio Sustentable y la norma Nch 853 - 2007 resultan ser herramientas fundamentales a la hora de reducir el gasto energético y de recursos. También es muy efectivo en el manejo de residuos y emisiones debido a que el manual aborda las variables en 5 aspectos temáticos: calidad del ambiente interior (CAI), energía, agua, residuos y gestión. Además, estas temáticas se agrupan en 4 categorías: Diseño arquitectónico pasivo, diseño de sistemas activos, construcción y operación.

El manual permite abordar los proyectos de forma integral y de principio a fin, por lo que se pueden ir evitando pérdidas por errores en el diseño, ya que se prevén coordinaciones de especialidades de forma presencial y trabajo en REVIT en tiempo real, además al momento de la construcción hay protocolos con el manejo de los residuos y con las técnicas constructivas que deben cumplirse y cuando se encuentre en funcionamiento el edificio este puede regirse también por el manual lo que permite aun mayor eficiencia de los equipos en el instalado.

El manual potencia la climatización pasiva, es decir un diseño arquitectónico óptimo que aproveche de mejor manera la luz solar y los aportes internos de energía en el edificio, además reduzca la infiltración del viento, con el fin de poder aprovechar mejor la energía. También intenta sacar el máximo partido de la climatización activa, o sea, las máquinas y sistemas instalados en el edificio para que utilicen la menor cantidad de recursos y de esta forma producir la menor cantidad de emisiones y residuos.

La norma Nch 853 - 2007 permite el cálculo de la envolvente térmica para todo tipo de situaciones y permite disminuir el gasto energético de climatización, ya que permite un mejor diseño y elección de materiales.

Finalmente, este manual debería ser una herramienta obligatoria para todos los edificios de uso público ya que en el largo plazo se obtendría una compensación económica, como un gran beneficio para el medio ambiente y para sus usuarios debido propone estándares satisfactorios para este. El edificio estudiado obtiene una **Certificación sobresaliente con 70 pts.**

10. REFERENCIAS

ASHrae 62.1, (2007). “Ventilación para una calidad aceptable de aire interior”. *American national standards institute*.

ASHrae 90.1, (2004). “Energy standard for buildings except low-rise residential buildings”. *American national standards institute*.

EN 779, (2002). “Particulate filters for general ventilation determination of the filtration performance”. *CTN 85 – European standard*.

Instituto de la construcción- IDIEM, (2014). “Manual Evaluación y Calificación sistema Certificación Edificio Sustentable (CES)”.

NCh elec 4, (2003). “Electricidad instalaciones de consumo en baja tensión”. *Superintendencia de electricidad y combustibles*

NCh 853, (2007) – “Acondicionamiento térmico-Envolvente térmica de edificios-Calculo de resistencias y transmitancias térmicas”. *Instituto nacional de normalización*.

NCh 1079, (1977). “Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico”. *Instituto nacional de normalización*.

NCh 3295, (2013). “Aislación térmica- determinación de la permeabilidad de aire en edificios”. *Instituto nacional de normalización*.

OGUC, (2014). “Ordenanza general de construcciones”. *Ministerio de vivienda y urbanismo*.

UNE-EN-ISO 14024, (2001). “Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ecológico Tipo I. Principios generales y procedimientos. (ISO 14024:1999)”. *CTN 150 – Gestión ambiental*.

UNE-EN-ISO 14025, (2001). “Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos. (ISO 14025:2006)”. *CTN 150 – Gestión ambiental*.

UNE 410, (1998). “Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos”. *CTN 85 – Cerramientos de huecos en edificación y sus accesorios*.

UNE 13779, (2008). “Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos”. *CTN 100 – Climatización*.