

Protecciones solares y su implicancia en la demanda energética: caso edificio público en Concepción, Chile

Solar protections and their implication for energy demand: the case of a public building in Concepción, Chile



Jazmin Jara Córdova jazjaracord@gmail.com

Magister en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética - Universidad del Bío – Bío - Chile



RESUMEN

Palabras Claves
Limitación de Demanda
Energética
Estrategias Pasivas
Simulación Térmica
Protecciones Solares
Edificio Público

Determinar las ganancias solares en el vano-ventana con protecciones solares y analizar el comportamiento térmico en un edificio es un tema relativamente nuevo en el ámbito chileno. No obstante, el inadecuado manejo del control solar, en algunos casos, genera problemas de sobrecalentamiento al interior de la edificación. Esta investigación busca establecer un procedimiento que permita evaluar cuatro tipos de protecciones solares y analizar sus implicancias energéticas en un edificio público, cuya infraestructura utilizada se justifica en el desconocimiento de nuevas exigencias que hará el Estado para este tipo de edificación. Para el caso de estudio se han determinado 37 escenarios con distintos factores solares modificados, definidos a través de cálculo manual, los cuales son evaluados bajo simulación dinámica (TAS). En primera instancia se analiza el comportamiento de dos recintos y posteriormente se obtienen los resultados en relación con la demanda energética del edificio. Las protecciones solares utilizadas (voladizos, retranqueo, lamas horizontales y verticales) reducen la demanda de refrigeración de un 52 a 73% (aumentando la demanda de calefacción), sin embargo la demanda energética total (calefacción y refrigeración) disminuye de un 24 a 31%.

ABSTRACT

Key Words
Limitation of Energy Demand
Passive Strategies
Thermal Simulation
Solar protection
Public Buildings

To determine solar gains through windows openings with solar protection and to analyze the thermal performance of a building is a relatively new topic in Chile. However, inadequate solar control generates, in some cases, overheating problems in building. This research seeks to find a procedure that allows the evaluation of four types of solar protection and analyze their energy implications in a public building, where it is evident that the designer did not contemplate the new regulations states by the authorities for this type of buildings. For the case study, 37 scenarios with different modified solar factors, defined by manual calculation, were determined and evaluated through dynamic simulation (TAS). Firstly, it was analysed the performance of two rooms and then the results of energy demand of the whole building. The solar protection used (overhangs, setback, horizontal and vertical slats) reduced cooling demand from 52 to 73% (increasing heating demand) however, the total energy demand (heating and cooling) decreased from 24 to 31%.

1. Introducción

“Estudios previos demostraron que si en el decenio 2006-2015 el país redujera sólo un 1,5 % de su consumo energético en el sector de

edificios, el ahorro esperado sería de USD 3.450 millones” (Instituto de la Construcción, 2009).

La importancia de contar con estudios que verifiquen un ahorro energético en este tipo de

infraestructura es clave, considerando además que el Gobierno de Chile ha anunciado reducir en un 12 % la demanda energética antes del 2020.

Bajo este contexto, el año 2010, la Dirección de Arquitectura del MOP¹ solicitó al Instituto de la Construcción un trabajo de I+D que tuvo por objetivo “evaluar el desempeño energético y medioambiental de un conjunto de edificios públicos, los factores que lo afectan e identificar y desarrollar oportunidades de ahorro de energía” (Bobadilla, et. al. 2012, 1p), enfocado a generar manuales y guías técnicas. Otro trabajo en esa línea es el que condujo al desarrollo de “Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental para Licitaciones de Diseño y Obras de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios”, realizado por DECONUC² y CITECUBB³, el cual define valores límites, para los parámetros térmicos de la envolvente en las distintas zonas climáticas del país, donde una de las exigencias es el factor solar modificado que tiene el propósito de reducir a límites aceptables el impacto de las ganancias solares en los vanos.

Este último concepto es nuevo en nuestro país, sin embargo el poco manejo de éste genera efectos conocidos principalmente en edificios destinados a oficinas, donde la libertad proyectual en muchos casos se traduce en excesivas envolventes transparentes y altas ganancias solares. Esta situación se torna crítica cuando coincide con alta carga interna, lo que determina altas demandas de refrigeración, incluso en invierno.

Esta investigación tiene su génesis en los últimos estudios destinados a Edificación Pública, donde las exigencias de un valor límite “Factor Solar Modificado” es un concepto relativamente bajo en el ámbito profesional. Bajo este contexto se ha determinado indagar sobre Edificios Públicos en Concepción, apuntando a la elección de un edificio que preferentemente posea problemas de sobrecalentamiento en un clima conocido, por cuanto las preguntas de investigación son:

- ¿Cómo impacta en la demanda energética y el clima interior las distintas modalidades de protecciones solares factibles de

implementar en la fachada del caso de estudio en la ciudad de Concepción?

- ¿Qué protección solar y valores de factor de sombra son los más apropiados para el caso de estudio en la ciudad de Concepción?

Esta investigación tiene el objetivo de identificar un procedimiento capaz de determinar el Factor Solar Modificado (de cada ventana y protección solar por utilizar) para formular y evaluar escenarios en un edificio público emplazado en la ciudad de Concepción, el cual será analizado bajo simulación dinámica “software TAS” para establecer la implicancia de estos dispositivos solares en la demanda energética.

La metodología de la investigación se presenta en cinco fases, las cuales están enfocadas a cumplir con el objetivo (Fig. 1).

2. Desarrollo

2.1 Marco Conceptual y Referencial

El marco conceptual y referencial corresponde a los conceptos básicos y el estado del arte que respaldan la investigación. Dentro de los conceptos importantes se encuentra el Factor Solar Modificado, Factor Solar y Factor de Sombra.

- Factor Solar Modificado (F): Es el producto del “factor solar” por el “factor de sombra”.

- Factor Solar (g_{\pm}): Es el cociente entre la radiación solar que pasa por la parte semitransparente y la radiación que pasaría si el hueco estuviera libre.

- Factor de Sombra (F_s): es la fracción de radiación incidente en el hueco no bloqueada.

Asimismo, el estado del arte en relación con el control solar ha evolucionado continuamente, donde la primera aproximación corresponde al estudio de los dispositivos de sombreado “aleros y parasoles” desarrollado por Olgay y Olgay (1957), el cual permite determinar el factor de sombra de estos elementos. Posteriormente, otros autores continúan con esta misma metodología e ingresan nuevos conceptos desde el recorrido solar hasta llegar a variables como el clima y las condiciones de confort, a través de cálculo manual y mediante un software de apoyo, esto último por autores como Morillón⁴.

¹ Ministerio de Obras Públicas.

² Dirección de Extensión en Construcción de la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica.

³ Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción.

⁴ Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM.

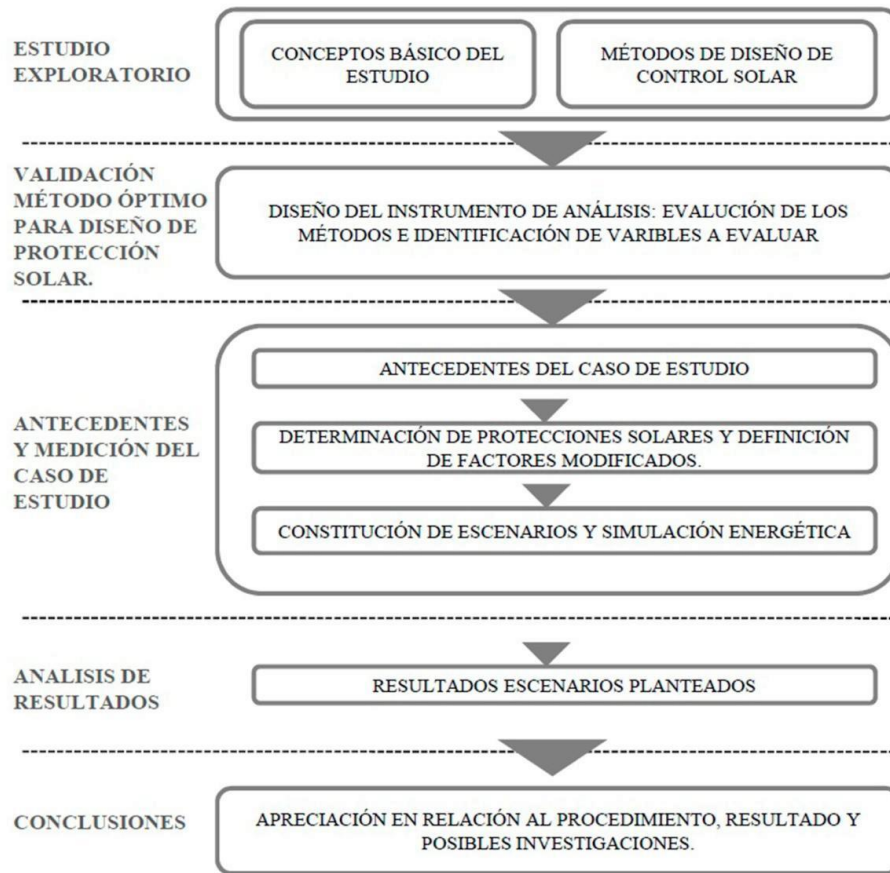


Figura 1: Esquema Metodológico de la Investigación. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 1: Methodological Research Scheme. Source: Own Elaboration.

En una distinta línea, existen diversas normativas y/o recomendaciones que se han implementados en algunos países para enfrentar el tema del control solar. Tal es el caso de:

- CONAE⁵ en 2001 (México), que publica la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia Energética en Edificaciones, para envolvente de edificios no residenciales, el cual presenta herramientas para calcular la ganancia de radiación solar con elementos de protección, de acuerdo con el tipo de dispositivo, orientación y latitud.

- ANSI⁶/ASHRAE⁷ Standard 90.2-2004 (EE.UU.), que se refiere al tema del control solar indicando límites máximos o mínimos de transmitancia térmica U de elementos opacos y transparentes, factor solar de cerramientos transparentes según área de ventana de la

fachada y orientación solar, de acuerdo al tipo de edificación.

- Documento Básico HE “Ahorro de Energía”, CTE⁸ en 2006, donde el tema de las protecciones solares es determinado por un factor solar modificado límite de acuerdo con la orientación y tipo de clima por método cálculo manual o considera otras alternativas a través de comprobación mediante Software.

Otros estudios han considerado casos concretos, cuyos procesos de análisis se han determinado de acuerdo con escenarios que contemplan diversas estrategias con el objetivo de determinar la demanda energética de una edificación través de software de simulación térmica. Tal es el caso de estudio realizado en dos edificios de oficina en Santiago de Chile

⁵ Comisión Nacional para el Ahorro Energético.

⁶Instituto Nacional Standards Americano, EE.UU.

⁷Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire, EE.UU.

⁸Código Técnico de Edificación, España.

(Bustamante et al., 2010), bajo simulación dinámica “software TAS”, entre otros.

Además existen ciertas empresas dedicadas a la comercialización de protecciones solares, donde las bases conceptuales son similares a las descritas, sin embargo se realizan mediante software creado en forma particular, cuyo acceso es limitado.

2.2 Identificación de Variables de las Metodologías y Definición del Procedimiento.

Para definir el procedimiento, parte del objetivo de esta investigación, se determinó realizar un cuadro comparativo según cuatro metodologías (Tabla 1), de acuerdo con un itemizado de las variables existentes.

De la tabla 1 se infiere que la metodología:

- En relación con el bioclima y confort en aleros y parasoles contempla antecedentes particulares del clima y geometría de protección solar, sin embargo carece de antecedentes como ganancias internas, ocupación, materialidad de ventana, etc.

- En relación con la limitación de la demanda energética con método simplificado del CTE, éste permite determinar el factor solar modificado de acuerdo con la fórmula (1), cuya importancia es la variable marco. Además está la simulación computacional, donde se comparan dos escenarios en relación con la demanda energética.

- En lo que se refiere a estudios de escenarios en simulación dinámica, ésta depende de la calidad de los antecedentes, cuyo proceso de análisis es la comparación de resultados en torno a escenarios.

- En relación con empresas del rubro Hunter Douglas, ésta se evalúa mediante cálculo y software; el primero contempla sólo conceptos de geometría solar y el segundo considera un programa de simulación de uso exclusivo de Hunter Douglas.

En general se puede inferir que la metodología de la Limitación de la Demanda Energética, “método por cálculo manual”, y estudios con “simulación dinámica” son complementarios, considerando que el primero va enfocado particularmente en el hueco ventana, y la calidad de antecedentes, y el segundo determina el comportamiento del edificio, forma de comparar resultados.

Es necesario mencionar que el método de cálculo determina el factor solar modificado y se expresa de acuerdo con la fórmula (1).

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

Donde,

F_s: factor de sombra del vano o lucernario obtenido del TDR⁹ en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de *F_s* se debe considerar igual a la unidad;

F_m: fracción del vano ocupada por el marco, en el caso de ventanas, o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.

g_±: factor solar de la parte semitransparente del vano o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998, o de certificados oficiales.

U_m: transmitancia térmica del marco del vano o lucernario.

α: absortividad del marco, obtenida del TDR.

Para establecer la importancia del cálculo del factor solar modificado se ha determinado comprobar distintos mecanismos para ingresar las protecciones solares en TAS, simulando un recinto ubicado en Concepción. Estos casos se detallan a continuación y los resultados se resumen en la Tabla 2.

- Caso N°1: Recinto sin protecciones solares.

- Caso N°2: Recinto con protección solar modelado en 3D Modeller de TAS.

- Caso N°3: Recinto con protección solar modelado en Building Simulator de TAS.

- Caso N°4: Recinto con Factor Solar Modificado calculado por fórmula [1], considerando protección solar, vidrio y marco e ingresado este valor en Building Simulator de TAS.

- Caso N°5: Recinto con Factor Solar Modificado calculado por fórmula [1], considerando protección solar y vidrio e ingresado este valor en Building Simulator de TAS.

⁹ Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental para Licitaciones de Diseño y Obras de la Dirección de Arquitectura.

Tabla 1: Cuadro Comparativo de las Metodologías Analizadas. Fuente: Elaboración Propia.
Table 1: Comparative Table of Analyzed Methodologies. Source: Own Elaboration

Descripción del Análisis	Metodología n°1		Metodología n°2		Metodología n°3		Metodología n°4	
	Cálculo	Software	Cálculo	Software	Cálculo	Software	Cálculo	Software
Antecedentes								
Clima	x	x	x	x		x	x	x
Trayectoria Solar de la ciudad correspondiente	x	x	x	x		x	x	x
Planimetría del Edificio			x	x		x		x
Planimetría Vano Semitransparente	x	x	x	x		x	x	x
Propiedades Físicas de los Materiales de la Envoltente			x	x		x		x
Propiedades Físicas de los Vanos Semitransparentes			x	x		x		x
Cuadro de Carga Ocupacional y Aportes energéticos.			x	x		x		x
Análisis que determinan la Condición de Confort								
En relación a la temperatura exterior	x	x		x		x		x
En relación a la Limitación de la Demanda Energética de la Envoltente			x	x				
En relación a la Ganancias Internas del Edificio				x		x		x
Análisis Protecciones Solares								
Determinación de Factor de Sombra	x	x	x	x		x	x	x
Determinación Factor Solar			x	x		x		x
Determinación de Transmitancia del Vano Semitransparente			x	x		x		x
Determinación del Factor Solar Modificado			x					
Análisis de Escenarios								
En relación a la formulación de Escenarios				x		x		x
Resultados								
En relación a Ángulos Óptimos de Protecciones Solares.	x	x		x		x	x	x
En relación a la Demanda Energética				x		x		x
Total de Variables utilizadas	6	6	12	16	0	15	5	15

Tabla 2: Demanda de Calefacción, Refrigeración y Total por Caso. Fuente: Elaboración Propia
Table 2: Demand for Heating, Refrigeration and Total per case. Source: Own Elaboration.

Casos	Demanda calefacción (d. calef.)	% D. calef. en relación a caso 01	Demanda refrigeración (d. refrig.)	% D. refrig. en relación a caso 01	Demanda total (d. total)	% D. total en relación a caso 01
	[kWh/m ² *a]	[%]	[kWh/m ² *a]	[%]	[kWh/m ² *a]	[%]
01	24,5	1,00	1,8	1,00	26,3	1,00
02	28,5	1,16	0,9	0,52	29,4	1,12
03	29,9	1,22	0,5	0,26	30,4	1,16
04	28,9	1,18	0,6	0,33	29,5	1,12
05	27,6	1,13	0,8	0,45	28,4	1,08
Promedio	27,9	1,17	0,9	0,39	28,8	1,12

De la Tabla 2 se infiere que:

- Todas las demandas de calefacción aumentan y las demandas de refrigeración disminuyen en relación con el caso 01, por cuanto TAS asume los efectos de la protección solar.

- El caso 03 posee una demanda total más alta en relación con el resto de los casos (1,16 %) y por el contrario el caso 05 posee una demanda total más baja (1,18 %).

El caso 02 y 04 poseen una demanda total similar (1,12 %), sin embargo la última contempla un factor solar modificado que contempla tres elementos: vidrio, marcos y protección solar, que permite obtener más variables y por cuanto más real como resultado. En el otro caso (02), la modelación en 3D del TAS, es difícil precisar las variables que influyen puesto que el programa no está diseñado para la evaluación de protecciones solares.

Esta última situación determina que la forma más real para llegar a un resultado confiable es determinar el Factor Solar Modificado según fórmula (1) "Caso 04", ocupando todos los antecedentes técnicos que ésta relación determina (vidrio, marcos y protecciones solares), para luego ingresar este valor como antecedente y simularlo mediante escenarios en TAS.

2.3 Antecedentes y Medición del Caso de Estudio



Figura 2: Caso de Estudio "Fiscalía Regional BíoBío". Fuente: Elaboración Propia.

Figure 2: Case Study: "Fiscalía Regional BíoBío". Source: Own Elaboration.

Los antecedentes del edificio en condición existente son: la orientación, determinación de la transmitancia térmica de la envolvente y factor solar modificado, detallados a continuación:

- La orientación de las fachadas del edificio se determinó de acuerdo con los antecedentes de los requerimientos para Edificios Públicos en Chile TDRé (Fig. 3).

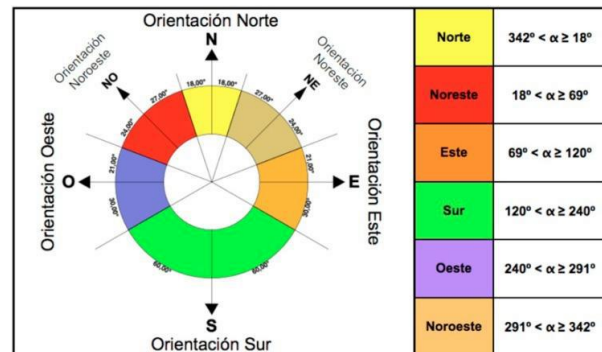


Figura 3: Determinación de Orientación de Fachadas. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 3: Orientation of façades. Source: Own Elaboration.

Tabla 3: Transmitancia Térmica y Factor Solar de los Elementos Transparentes. Fuente Elaboración Propia.

Table 3: Thermal transmittance and solar factor of the transparent elements. Source: Own Elaboration.

Grupo	Tipo	Espe- sor	Espe- sor Cámara	Gas	Factor Solar	U [W/m²K]
Simple	Claro	4 mm			0.88	5.7
Simple	Claro	6 mm			0.85	5.7
Simple	Absorbente	4 mm			0.70	5.7
Simple	Absorbente	6 mm			0.60	5.7
Simple	Reflectante Claro	6 mm			0.52	5.7
Simple	Reflectante Gris	6 mm			0.42	5.7
Doble	Claro-laro	4 mm	6 mm	Aire	0.76	3.1
Doble	Claro-Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.72	3.1
Doble	Absorbente - Claro	4 mm	6 mm	Aire	0.58	3.1
Doble	Absorbente - Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.49	3.1
Doble	Reflectante Claro - Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.45	2.7
Doble	Reflectante Claro - Claro	6 mm	6 mm	Aire	0.31	2.7
Doble	Claro-bajo - emisivo (Cara 3)	4 mm	12 mm	Aire	0.74	2.6
Doble	Claro-bajo - emisivo (Cara 3)	6 mm	12 mm	Aire	0.71	2.5

- La transmitancia térmica de los elementos opacos del edificio consideró once valores, de los cuales el radier fue calculado de acuerdo al CTE y el resto según la NCh853-2007. Los valores de transmitancia térmica y factor solar del vidrio, de los cuatro elementos transparentes existentes, fueron extraídos del “Manual de Referencias Técnicas para la Aplicación del Software CCTE-CL V2 en Chile”. Todos estos valores fueron ingresado manualmente al software TAS.

- El factor solar modificado se determinó de acuerdo con la fórmula (1), donde el valor de la absorptividad (Tabla 4) y el factor sombra (Tabla 5) fueron extraídos de los requerimientos para Edificios Públicos en Chile TDRé.

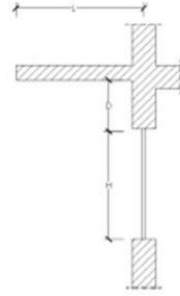
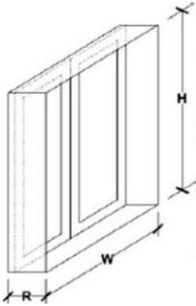
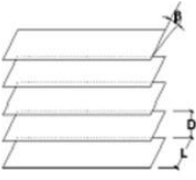
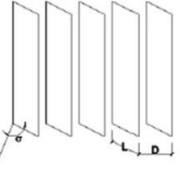
Tabla 4: Absortividad del marco para radiación solar α .

Table 4: Absorption of solar radiation framework for α . Source: TDRé.

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	-

Tabla 5: Factores de Sombra para voladizos, retranqueo y lamas. Fuente: CITECUBB- DECONUC, 2012.

Table 5: Shadow Factors for overhangs, setback and shutters. Source: : CITECUBB- DECONUC, 2012.

		$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$											
	Orientación de la Fachada	N	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16									
		N	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22									
		N	$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,6	0,39									
	NE/NO	NE/NO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16									
		NE/NO	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27									
		NE/NO	$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65									
	E/O	E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22									
		E/O	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43									
		E/O	$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75									
		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$											
	Orientación de la Fachada	N	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39									
		N	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35									
		N	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27									
	NE/NO	NE/NO	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17									
		NE/NO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51									
		NE/NO	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47									
	E/O	E/O	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36									
		E/O	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23									
		E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65									
E/O	E/O	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61										
	E/O	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51										
	E/O	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39										
		Angulo de Inclinación (β)														
	Orientación	NO	0°	0,49	30°	0,42	60°	0,26								
		NE/NO		0,54		0,44		0,26								
		NO		0,57		0,45		0,27								
		E/O														
		Angulo de Inclinación (σ)														
	Orientación	N	-60°	0,37	-45°	0,44	-30°	0,49	0°	0,53	30°	0,47	45°	0,41	60°	0,32
		NE		0,46		0,53		0,56		0,56		0,47		0,4		0,3
		E		0,39		0,47		0,54		0,63		0,55		0,45		0,32
		O		0,44		0,52		0,58		0,63		0,5		0,41		0,29
		NO		0,38		0,44		0,5		0,56		0,53		0,48		0,38

Las consideraciones generales, datos determinantes para la medición del caso de estudio y la modelación en TAS se detallan a continuación:

- El confort térmico fue extraído del archivo climático de Concepción de Weather Manager de 2009, obteniéndose un rango de 18 a 24 °C.

- Las condiciones operacionales del edificio se resumen en la jornada laboral de 8:00 AM a 18:00 PM (días hábiles). Por otra parte se determinó la densidad, lo cual es clave para el cálculo de la emisión de calor por persona en cada zona térmica (Tabla 6).

- Las ganancias internas de emisión de calor por personas en oficina, iluminación y equipo (Tabla 7 y 8), es extraída del estudio de Bustamante (et al., 2010). A partir de estos datos se puede calcular el calor sensible y latente, de acuerdo con la densidad y la emisión de calor, según los porcentajes definidos.

Tabla 6: Ocupación por Superficie: Fuente: Elaboración Propias.

Table 6: Occupation values. Source: Own Elaboration.

Zona Térmica	Superficie (m ²)	Cantidad (hab.)	Densidad (hab./m ²)
Oficina Estándar	10,7	1	0,09
Oficina Técnica	17,9	2	0,11
Oficina Jefatura	18,7	1	0,05
Oficina Parte	5,85	1	0,17
Hall Acceso	43,75	3	0,07
Auditorio	68,67	62	0,90
Circulación	92	3	0,03
Sala de Reuniones	18,6	10	0,54

- La ventilación es mecánica durante el periodo de funcionamientos de los recintos e infiltración permanente en cada recinto. Estos datos referenciales fueron extraídos del estudio de Bustamante et al. 2010, el cual plantea que una persona trabajando en una oficina requiere 10 l/s (36 m³/h) de aire exterior y una infiltración 0,3 ach las 24 hrs. en todos los recintos (Tabla 9).

Como parte de esta etapa se consideró la definición de protecciones solares por utilizar, lo que determinaría los escenarios por evaluar. Los dispositivos y factor de sombra utilizados corresponden a los expuestos en la Tabla 5.

En la Tabla 10 se detallan los escenarios definidos para el estudio. Es necesario mencionar que existe una subclasificación, los cuales se determina con letra A, B y C (Fig. 4.). Los escenarios del tipo A, corresponden la ubicación de las protecciones solares en todas las superficies transparentes de la envolvente. En el caso que éstos sean aplicados sólo a los muros cortinas se denomina Tipo B. Por último si está aplicado sólo a vanos -ventanas dejando fuera los muros cortinas se denominará Tipo C.

Tabla 7: Emisión de Calor, Ganancias de Iluminación y Equipo: Fuente: Elaboración Propia.

Table 7: Heat Gains for Lighting and Equipment. Source: Own Elaboration.

Ganancias Internas	Cantidad	Unidad
Emisión calor persona en oficina (e.C.P.O)	130	(W)
Calor sensible 65% de E.C.P.O	84	(W)
Calor latente 35% de E.C.P.O	46	(W)
Ganancias Iluminación	12	(W/m ²)
Ganancias Equipo	15	(W/m ²)

Tabla 8: Calor Sensible y Latente por Zona Térmica. Fuente: Elaboración Propia.

Table 8: Sensible and Latent Heat for each Thermal Zone. Source: Own Elaboration.

Zona Térmica	Superficie (m ²)	Cantidad (hab.)	Densidad (hab./m ²)	E.C.P.O (W/m ²)	Calor Sensible (W/m ²)	Calor Latente (W/m ²)
Oficina Estándar	10,7	1	0,09	12,5	7,85	4,30
Oficina Técnica	17,9	2	0,11	14,53	9,39	5,14
Oficina Jefatura	18,7	1	0,05	6,95	4,49	2,46
Oficina Parte	5,85	1	0,17	22,22	14,36	7,86
Hall Acceso	43,75	3	0,07	8,91	5,76	3,15
Auditorio	68,67	62	0,90	117,37	75,84	41,53
Circulación	92	3	0,03	4,24	2,74	1,50
Sala de Reuniones	18,6	10	0,54	69,89	45,16	24,73

Tabla 9: Determinación de Ventilación e Infiltración por Zona Térmica. Fuente: Elaboración Propia.
Table 9: Determination of Ventilation and Infiltration rates for each Thermal Zone. Source: Own Elaboration.

Zona Térmica	Densidad (hab./m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Vent. Req. (ach)	Funcionamiento para Vent. Req.	Infiltración (ach)	Funcionamiento para Infiltración
Oficina Estándar	10,7	2,5	26,75	1,35	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Oficina Técnica	8,95	2,5	22,38	3,22	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Oficina Jefatura	18,7	2,5	46,75	0,77	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Oficina Parte	5,85	2,5	14,63	2,46	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Hall Acceso	14,58	2,5	36,46	2,96	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Auditorio	1,11	2,5	2,77	806,08	9am-10am (un día al mes)	0,30	24 hrs (7 días)
Circulación	30,67	2,5	76,67	1,41	8am-6pm (días de semana)	0,30	24 hrs (7 días)
Sala de Reuniones	1,86	2,5	4,65	77,42	9am-10am (un día al mes)	0,30	24 hrs (7 días)
Entretecho	0,00	Variable	76,45	0,00	24 horas (todos los días)	0,30	24 hrs (7 días)
Espacio sin uso perm.	0,00	2,5	Variable	0,00	24 horas (todos los días)	0,30	24 hrs (7 días)

Tabla 10: Escenarios por Evaluar en relación con las Protecciones Solares y Condición del Edificio. Escenario 01 al 16. Fuente: Elaboración Propia.

Table 10: Scenarios for Evaluating Protections regarding Solar and Building Condition. Scenario 1 to 16. Source: Own Elaboration

Escenario	Descripción
01	Condición existente del edificio, sin ventilación e infiltración.
02	Condición existente, con ventilación mecánica e infiltración.
03	Escenario 02, con lamas horizontales de ángulo de inclinación 0°.
04	Escenario 02, con lamas horizontales de ángulo de inclinación 30°.
05	Escenario 02, con lamas horizontales de ángulo de inclinación 60°.
06	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación -60°.
07	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación -45°.
08	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación -30°.
09	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación 0°.
10	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación 30°.
11	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación 45°.
12	Escenario 02, con lamas verticales de ángulo de inclinación 60°.
13	Escenario 02, con alero de 1 metro en todos los vanos ventanas a excepción de los muros cortinas.
14	Escenario 02, con retranqueo.
15	Escenario 02, considerando los factores solares modificados mínimos obtenidos del escenario 03 a 14.
16	Escenario 02, con valores obtenidos de la Zona Sur Litoral de TDRé (Transmitancia Térmica y Factores Solares Modificados Límites).

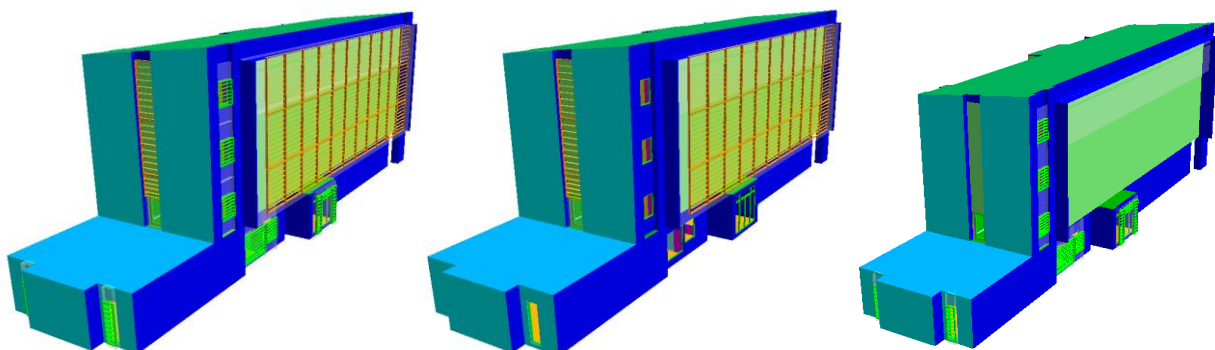


Figura 4: Imágenes Referenciales de los Escenarios Tipo A, B y C. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 4: Referential Images for the Scenarios A, B and C. Source: Own Elaboration.

3. Análisis de Resultados

Se simuló un total de 37 escenarios, donde en primera instancia se analizó la Temperatura del Bulbo Seco de dos recintos, en solsticio de invierno y verano.

Como resultado de este proceso se identificó que el recinto con más alta temperatura del bulbo seco corresponde a la "Oficina Técnico SAF", del Tercer Nivel ubicada al Noroeste. Como contraparte se consideró utilizar una oficina en el mismo nivel, pero con una orientación Sur "Oficina Técnicos Informáticos UGI".

Las temperaturas máximas del bulbo seco de cada recinto, en los dos días simulados, fueron graficados en la Figura 5 y 6.

Considerando el rango de confort para la ciudad de Concepción de 18 a 24°C, se pudo inferir que los dos recintos, en el solsticio de verano, poseen problemas de sobrecalentamiento, sin embargo la oficina SAF posee una gran

disminución por la implicancia de las protecciones solares. El otro recinto posee una leve disminución, puesto que está ubicado al sur, lugar donde no se ha proyectado este tipo de dispositivos. En cambio en el día de invierno las dos oficinas poseen una temperatura máxima similar.

Para este análisis se puede establecer que la brecha de temperaturas máximas entre los dos días analizados debe ser mínima para determinar un escenario óptimo.

Frente a esta situación es posible determinar que el escenario 15A es el más óptimo para los dos recintos, sin embargo es una situación que implica una combinación de protecciones solares. Bajo esta situación se entiende que las protecciones solares más eficientes desde el punto de vista de la mínima diferencia de temperatura son los escenarios 14A y 5A, lo que corresponde al retranqueo (considera componente vertical y horizontal) y lamas horizontales 60°.

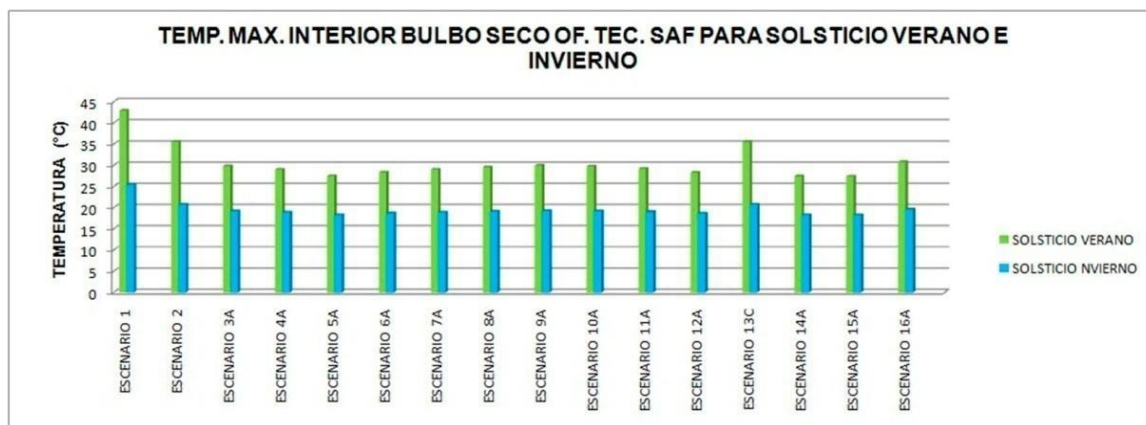


Figura 5: Temperatura Máxima de Oficina Técnico SAF en Solsticio Verano e Invierno. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 5: Maximum Temperature Technical Office SAF in Summer and Winter Solstice. Source: Own Elaboration.

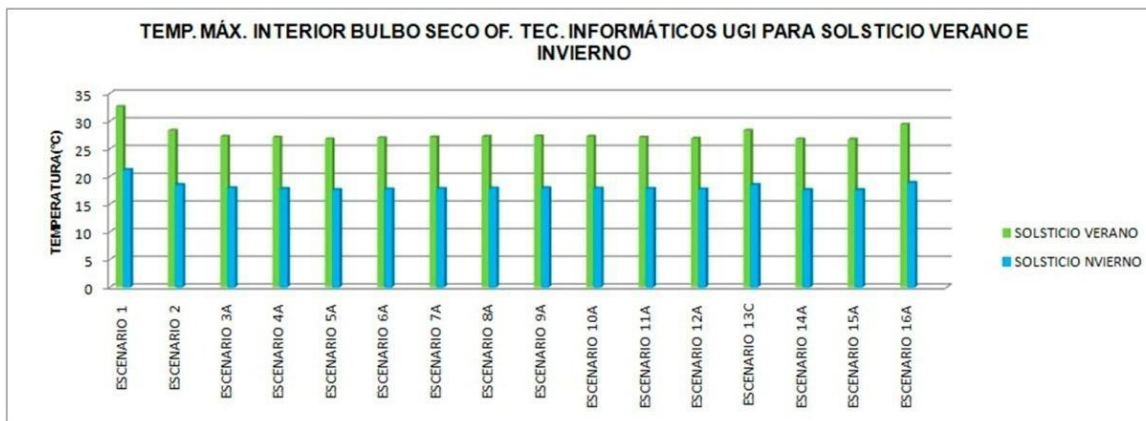


Figura 6: Temperatura Máxima de Oficina Técnicos Informáticos UGI en Solsticio Verano e Invierno. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 6: Maximum Temperature Computer Technical Office UGI in Summer and Winter Solstice. Source: Own

Estos tres escenarios coinciden en los valores mínimos de factor solar 17 modificado, lo cual sería determinante en la definición de un escenario óptimo para el estudio.

En segunda instancia se realizó un análisis de los escenarios planteados con protecciones solares en relación con la implicancia de la demanda energética, donde a diferencia del análisis anterior esta simulación contempla la incorporación del termostato, lo cual se traduce en la definición de un rango de confort para la ciudad de Concepción, donde el software dará como resultado las demandas energéticas cuando este rango de temperaturas no se cumpla.

Los resultados de la demanda energética de refrigeración, de calefacción y total se grafican en la figura 7, entendiendo que el escenario 02

corresponde al “modelo referencial”.

En los escenarios de tipo “A”, la demanda de refrigeración disminuye en un 33 a 74 % y la de calefacción aumenta en un 19 a 36 %, por el contrario, en el caso de sólo un escenario 18 esta última disminuye en un 40% (escenario 16A, considerando que se ha modificado la transmitancia térmica de la envolvente opaca). Bajo esta situación la demanda energética total en el resto de los escenarios en relación al “Escenario 02”, disminuye en un 24 a 36%.

En los escenarios de tipo “B”, la demanda de refrigeración disminuye en un 52 a 72 % y la demanda de calefacción aumenta de un 16 a 31% por cuanto la demanda total en relación al “Escenario 02”, disminuye en todos los escenarios entre un 24 a 31%.

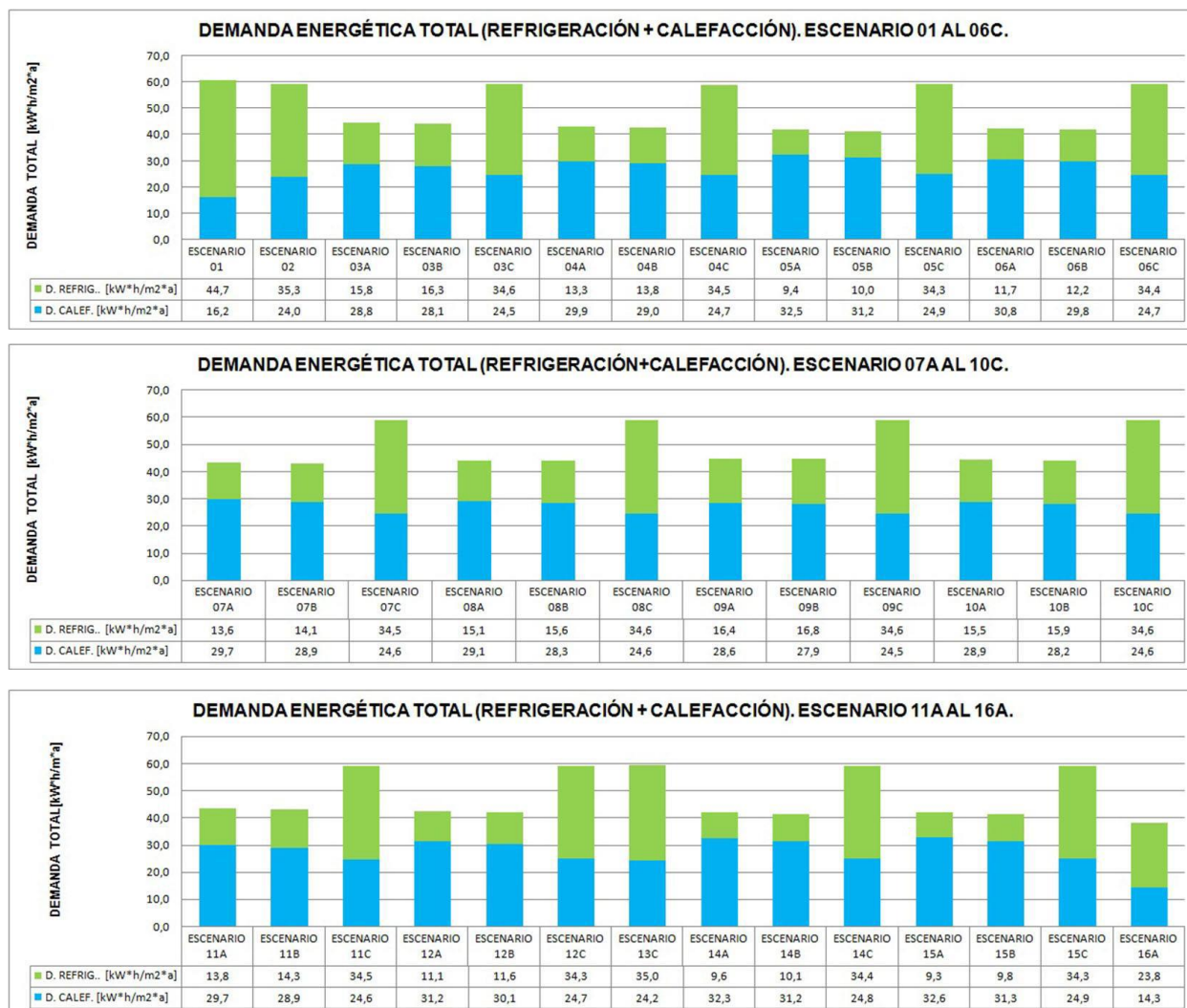


Figura 7: Gráfico del Resultado de la Demanda Energética de Refrigeración, Calefacción y Total en kWh/m²*a. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 7: Results for Cooling, Heating and Total Energy Demand in kWh/m² *a. Source: Own Elaboration.

En los escenarios de tipo "C", la demanda de refrigeración disminuye en un 1 a 3% y la demanda de calefacción aumenta en un 1 a 4% por cuanto la demanda total en relación al "Escenario 02" es 0.

Si bien el problema del sobrecalentamiento debiera tener un cierto énfasis de las demanda de refrigeración, se puede afirmar que la de calefacción tiene la misma relevancia puesto que son inversamente proporcionales, por tanto la menor demanda total energética en relación a la condiciones existente contemplaría el mejor escenario. Frente a esta situación se puede establecer que:

- Los escenarios tipos "A" y "B", poseen diferencias mínimas en relación a la demanda energética total, en cambio los de tipo "C" no tiene ninguna implicancia. Frente a esta situación se puede concluir que es más eficiente ubicar protecciones solares en grandes superficies vidriadas "Tipo B" considerando que se logran los mismos resultados que la utilización de estos dispositivos solares en todas las superficies transparentes de la envolvente.

- El tipo de protección solar que presenta menor demanda energética total de acuerdo a la condición existente (escenarios de 03 a 14), corresponde a Lamas Horizontales de ángulo de inclinación de 60° "Escenario 05B".

En general, el escenario 15B contempla los mínimos valores de factor solar modificado de 0,13 a 0,16, lo cual permite concluir que para las protecciones solares definidas para esta investigación, aplicadas al caso de estudio en Concepción, la demanda energética total no disminuiría más de un 31 %. El caso del escenario 16, donde la disminución de la demanda total de 36 %, es atribuible a la reducción de la demanda de calefacción por valores de transmitancia térmica de la envolvente definidas para la zona sur litoral en TDRé.

4. Conclusiones

La investigación posee tres tipos de conclusiones: en relación con el procedimiento de evaluación de la investigación, en relación con los resultados y en relación a las posibles investigaciones futuras, las cuales se pasan a detallar a continuación:

4.1. Según el procedimiento de evaluación de la Investigación

Existe una gran variedad de metodologías

para evaluar protecciones solares, no obstante esta investigación se centró en cuatro, las cuales cumplían con los objetivos que perfilaron la definición de un procedimiento. La importancia de este análisis se centra en que:

- La identificación de las variables de las metodologías determinó que tanto el cálculo manual como la modelación a través de software son complementarios.

- La identificación de las variables de cálculo de factor solar modificado en base a la formula [1], determinó la importancia que posee el elemento marco, cuya implicancia (tamaño, transmitancia térmica y color del marco) determina la disminución de este valor, cuestión que no es asumida por el TAS.

- La identificación del análisis en relación con el software determinó la importancia de contar con la evaluación de escenarios, definir comportamiento de temperaturas máximas en dos recintos y dos días y la evaluación de la demanda energética en el edificio.

4.2. Según los resultados

Los resultados en relación con las temperaturas máximas del bulbo seco en dos recintos, en solsticio de verano e invierno, contemplan dos condiciones:

- En condición existe "Escenario 01 y 02", se verifican los problemas existentes de sobrecalentamiento interior y la diferencia de temperaturas de casi 10 °C, en recintos analizados.

- En condición proyectada (escenarios), esta diferencia de temperatura en los dos recintos disminuye de 1° a 2 °C.

El análisis de los dos recintos permite establecer que los efectos son relevantes, sin embargo, para evaluar el comportamiento del edificio se debe estimar la demanda energética frente a los escenarios planteados, obteniéndose los siguientes resultados:

- Los distintos escenarios planteados con soluciones de protecciones solares tienen el mismo patrón de comportamiento, es decir, se reduce la demanda de refrigeración y aumenta la de calefacción.

- Las diferencias obtenidas en relación con la demanda energética entre los escenarios tipo A, B y C, establecen que existe una relación entre la ubicación de estos elementos y los ahorros de

energía, que debe ser considerada para optimizar los recursos económicos del proyecto.

El mejor escenario planteado es aquel que no determina la disminución de la demanda de refrigeración, sino que establece la disminución de la demanda total, los cuales son los escenarios 5B y 15B.

- Los factores solares modificados del escenario 15B, pertenecen a los mínimos factores solares modificados, por cuanto se puede concluir que para el caso de estudio la demanda energética total no disminuirá más de un 31 %.

- El escenario 16A determina una disminución mayor de la demanda energética, sin embargo contempla cambio en la transmitancia térmica en la envolvente, variable que no es parte de este estudio.

En síntesis, se puede apreciar que la evaluación en relación con la condición existente, pudiese no ser el resultado real de la demanda energética, no obstante todo el procedimiento de evaluación de las distintas protecciones solares, se realizó en torno a un sólo escenario referencial, demostrando que los impactos son reales, puesto que se basan en porcentajes de aumento o disminución, según sea el caso. En este mismo sentido se puede concluir que cualquier tipo de solución planteada de los escenarios (Tipo A y B), permite disminuir la demanda total en más de un 12 %, por cuanto este hecho permitiría lograr el desafío del actual Gobierno propuesto para el año 2020.

4.3. En relación con posibles investigaciones futuras.

La presente investigación se formuló, desarrolló y obtuvo resultados según los objetivos propuestos para este estudio, sin embargo es posible encontrar una serie de temas que podría complementar este trabajo como posibles investigaciones futuras. Algunas de ellas se mencionan a continuación:

- Considerar otros factores de sombras de nuevas protecciones solares, como por ejemplo los factores de Olgyay, Morillón, etc.
- Constituir nuevos escenarios con otras estrategias pasivas que disminuyan aún más la demanda energética total del edificio (Transmitancia Térmica, Ventilación Nocturna, etc).

- Evaluar más casos de estudio en Concepción que permitan estandarizar resultados.

Por último, es necesario asumir que existe muy poca experiencia en Chile a nivel profesional de la impcancia de las protecciones solares en el comportamiento térmico del edificio, por cuanto se recomienda utilizar este estudio en relación con los porcentajes de disminución de la demanda energética, teniendo siempre en cuenta que se estableció sobre un solo caso de estudio, o bien solicitar asesoría técnica a empresas especialistas que comercializan estos elementos.

Agradecimientos

Este estudio fue realizado en el marco de la tesis de Magister de hábitat Sustentable y Eficiencia Energética de la Universidad del Bío – Bío, bajo la supervisión del profesor Ariel Bobadilla.

Referencia Bibliográfica

Bobadilla A., Trebilcock M., Muñoz C., Figueroa R., Espinoza R., Arriagada R., Besser D., Guzmás F., Piderit B., Aguilera C. y Sánchez R., (2012). Propuesta de Método de Calificación Energética y Ambiental de Edificios Públicos en Chile. PLEA 2012-28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima, Perú 7-9 Noviembre 2012.

Bustamante W., Encina F., Rozas Y. y Victoreo F., (2007). Informe Etapa 05. Manuales de Referencias Técnicas: Fundamentos Teóricos. [En Línea]. Desarrollo de la Herramienta de Certificación del Comportamiento Térmico de Edificios de Chile (CCTE_CLV2). Licitación Pública N° 587-605-LP06.

Bustamante, W., Escobar R. y Pino A., (2010). Análisis de Comportamiento Térmico de Edificios de Oficina en Comunas de la Región Metropolitana de Chile. [En Línea]. IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES): 1-5 de noviembre de 2010. Cuzco, Perú. 10 p. <http://perusolar.org/17-spes-ponencias/05-Ambiente-Construido/PinoArayaAlan/Pino_Araya_Alan.pdf> [consulta: 15 noviembre 2012].

CITECUBB, DECONUC, (2012). TDRé Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obras de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipologías de Edificaciones + 10 Guías Técnicas de Apoyo.

Código Técnico de la Edificación, (2006). DB HE: Ahorro de energía. Limitación de la Demanda Energética. [en línea] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Boletín oficial del Estado, 28 de marzo de 2006, núm. 74. <www.codigotecnico.org> [consulta: 15 noviembre 2012]

Morillón D., Mejías D., (2004). Modelos para Diseño y Evaluación del Control Solar en Edificios. [En Línea] Serie Investigación y Desarrollo SID/645. Instituto de Ingeniería UNAM. México. <<http://aplicaciones.iingen.unam.mx/ConsultasSP/Buscarpublicacion.aspx>> [consulta: 15 noviembre 2012]

NCh853-2007. Acondicionamiento Térmico- Envoltorio Térmico de Edificios- Cálculos de Resistencias y Transmisiones Térmicas. Ministerialito de Vivienda y Urbanismo, Chile, mayo 2007.

Olgay V., (1998). Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas.

Barcelona, Gustavo Gili, 1998. 203p.

Instituto de la Construcción, (2009). Proyecto presentado a Innova Chile permitirá evaluar desempeños energéticos de 10 edificios de uso público y generar nuevas propuestas de alta calidad y bajos costos de operación, en Informativo IC N. 61 [En Línea]. Santiago, disponible en <<http://iconstruccion.cl/newsletter/htm161/7.html>> [consulta: 5 de diciembre 2012].

Recibido: 02|04|2013
Aceptado: 08|05|2013