

EVALUACIÓN TÉRMICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE LLANQUIHUE, X REGION CHILE.

Roldán Rojas, Jeannette¹

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile (FAU – U. de Chile)

Portugal 84 – Santiago Centro

Tel. 56-2-9783027 (20) – Fax 56-2-9783061 e-mail: jroldan@uchilefau.cl

Díaz Santibáñez, Benjamín²

RESUMEN: En el marco del proceso de modernización del Estado chileno, se realiza la asesoría que permita conocer y mejorar el desempeño térmico del edificio patrimonial de la Gobernación de Llanquihue, ubicado en el centro cívico de Puerto Montt. El objetivo es identificar las alternativas constructivas que permitan el mejoramiento del desempeño energético.

Se presenta el estudio para el diagnóstico y mejoramiento térmico, basado en conceptos de eficiencia energética, se trabajó en ocho modelos de envolvente térmica simulados en software IES-VE. Se hizo un reconocimiento de las características pasivas del edificio, emplazamiento, orientación, características del volumen, materiales, abordando la organización y distribución de áreas, recintos, servicios, etc. Paralelamente se levanta información en terreno para construir los inputs de carga energética del edificio y sus áreas.

Según el valor unitario de cada elemento se consideró el modelo 3 (M.3) como el mejor desempeño energético, 71% de ahorro respecto al modelo base.

Palabras clave: envolvente, simulación térmica, desempeño térmico, tecnología.

INTRODUCCIÓN.

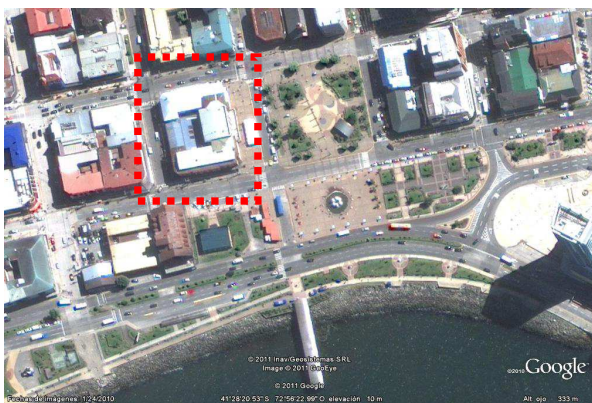


Figura 1: Vista satelital extraída desde <http://googleearth.com> 41°28'20.39" S 72°56'23.44" O.

Diferentes objetivos plantea el proceso de modernización del Estado chileno, entre ellos la calidad de atención a los usuarios de la administración pública calidad que también se ha entendido aplicada en la infraestructura de los edificios destinados a estos servicios. Se ha convocado a un estudio “que permita determinar el estado actual de la infraestructura existente” del edificio de la Gobernación de Llanquihue.

El edificio data de 1950 tiene 4 plantas y una superficie de 5.425 m²; en él trabajan sobre 600 funcionarios. Acoge a 15 servicios públicos regionales que atienden diariamente un público promedio de 3000 personas. El edificio se ubica en el centro cívico de la ciudad junto a la costanera, en un reconocido sector de conservación histórica.

Inicialmente se realizó un completo levantamiento, tanto de la infraestructura como la distribución de los servicios y cada una de las oficinas, además los materiales, equipos y sistemas, importante fue verificar el número de personas que trabajan en él así como los usuarios, resultando una carga de ocupación de acuerdo a la O.G.U.C.³ 671 personas máximo.

El edificio no fue concebido con un sistema de climatización; la calefacción es suministrada puntualmente en cada oficina, en la zona las demandas de enfriamiento son irrelevantes.

En este contexto la convocatoria para esta asesoría, llamada por el Ministerio de Obras Públicas de la X Región de Los Lagos, que ha sido pionero en plantear como requerimiento a cumplir en los edificios públicos de su zona la eficiencia energética según demandas energéticas clasificadas en un etiquetado desde A a F⁴

Estos motivos nos indican inicialmente realizar un diagnóstico de las demandas energéticas mensuales, a partir del modelo base de uso actual y otro modelo optimizado con la carga de ocupación máxima de acuerdo a lo exigido por seguridad. Los siguientes modelos son 6 y corresponden a las envolventes térmicas propuestas para el mejoramiento del desempeño energético. (Compagnoni, Evans 2010). El objetivo del mandante finalmente es clasificar el edificio en alguna de las categorías de eficiencia energética determinadas en la zona.

¹ Autor artículo. Arquitecto, académico, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.

² Colaborador. Arquitecto Diplomado en Arq. Sustentable 2007. FAU – U. de Chile; benjamindiazs@gmail.com

³ Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2010

⁴ Investigación, desarrollo y aplicación de eficiencia energética y calidad ambiental. INNOVA Chile, 2007

METODOLOGIA.

Levantamiento de información, debido a la antigüedad del edificio, con el fin de poder desarrollar este estudio, se elaboro una base actualizada de información, el edificio original fue ampliado durante la década de los 70 agregándole un 4to piso, el patio central fue cubierto y habilitado para oficina de correos. Resulta relevante también el levantamiento de la materialidad del edificio, también se realiza un levantamiento de la distribución de servicios, funcionarios y espacios de atención a publico, cargas de uso. Esta información es fundamental al momento de construir el modelamiento.

Propuesta de objetivos - Definición de criterios

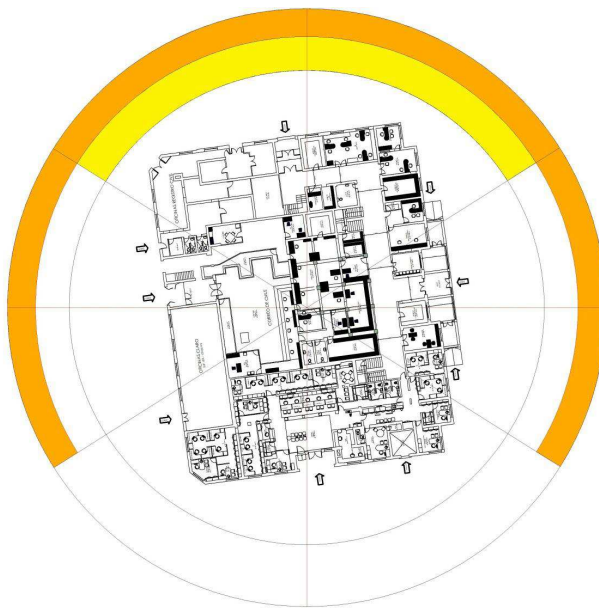
Para el desarrollo de este trabajo y debido a que se trata de infraestructura fiscal, dedicada a la atención a público se plantean los siguientes objetivos: el mejoramiento de la habitabilidad desde el punto de vista del confort térmico, calidad ambiental y el desempeño energético del edificio; ya que, el edificio actualmente es calefaccionado de forma puntual e independiente en cada oficina.

Líneas de acción para materializar estos objetivos.

De forma de llevar adelante estos objetivos se definen las siguientes líneas de trabajo: primero el desarrollo de una envolvente térmica eficiente y paralelamente se plantean los modelos que incorporan el aislamiento.

A partir de la información en planimetría, se construyó el modelo del edificio en el software IES V-E 6.0⁵, se insertan los datos climáticos locales utilizando la información proveniente del Dirección Meteorológica de Chile; posterior a esto se desarrolla la simulación del modelo en las condiciones actuales (modelo 0) de esta forma se diagnóstica el comportamiento actual del edificio, esta etapa se realiza también para una segunda situación ocupación permanente y transitoria óptima de acuerdo a la superficie y ocupación según O.G.U.C.

ANTECEDENTES CLIMÁTICOS.



Puerto Montt se encuentra ubicado en la zona sur de Chile, corresponde a 41,4° latitud sur, 73,1° de longitud, a nivel del mar. El clima es templado marítimo lluvioso, con moderadas oscilaciones de temperatura anuales y diarias; específicamente las oscilaciones térmicas medias diarias son de 7°C en invierno y en verano, de 10 °C. En invierno las temperaturas mínimas promedio son de 0,5° a 4 °C, en verano las máximas promedio llegan a 25,3 °C. Se registran precipitaciones anuales del orden de 1.300 mm los registros de los años de mayor pluviométrica han superado los 2.200 mm. El período entre mayo y agosto es el más lluvioso. Carece de una estación seca.

Según la clasificación de la NCh. 1079 Of 77. "Arquitectura y Construcción - Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico"; Puerto Montt se encuentra en la zona climática 6, Sur Litoral. Los vientos predominantes son oeste y las temperaturas templadas.

Figura 2: Emplazamiento y orientación.

FACHADA	INSOLACIÓN MEDIA ANUAL [kWh]			
	VERANO		INVIERNO	
ORIENTE	3,4	6,4	1,14	1,78
NORTE	6,4	5,4	1,8	1,16
PONIENTE	6,4	3,88	1,8	1,07
SUR	5,11	2,1	1	0,64

Figura 3: tabla resumen insolución media anual.

⁵ Ingrated Environmental Solutions Limited.

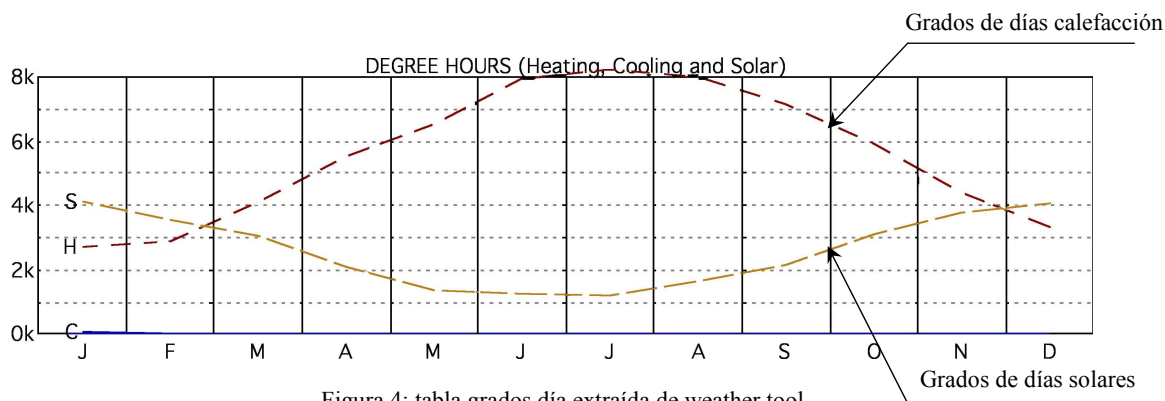


Figura 4: tabla grados día extraída de weather tool.

MODELOS TÉRMICOS.

Para la definición de los modelos termicos se considero que el edificio original corresponde al primero, segundo y tercer piso, los muros son de hormigón armado en 35 cm. de espesor, revocados con estuco interior y exterior. Los cristales de las ventanas son en vidrio simple (V.S.), montados en carpintería de perfiles de acero laminado. La techumbre en cerchas de madera sobre losa de hormigón armado, sobre éstas, cubierta de zinc aluminio más papel fieltro. El cuarto piso es posterior, a modo de ampliación se considero paratabiquería en estructura de madera y revestimiento de planchas. Ventanas en aluminio anodizado con vidrio monolítico o simple (V.S.), la techumbre en estructura de madera y cubierta en acero zincado, cielo de plancha yeso cartón, sin aislamiento

Se construyeron, ocho modelos térmicos para simular las características energéticas de cada uno de ellos (figura 5). Inicialmente el modelo 0 (M.0 base) es el modelo base de los siguientes modelos; ya que, incorpora las especificaciones técnicas y planteamientos originados en el levantamiento además de toda la información disponible.

El siguiente modelo llamado O.G.U.C. (M.0 -O.G.U.C.) sólo se modifica en él la carga de ocupación. Este modelo con esta ocupación, es la base usado para la simulación de cada uno de los 6 modelos siguientes desde el primer modelo (M.1) hasta el modelo 6 (M.6). En estos 6 modelos finales se proponen las envolventes térmicas de cada uno de ellos con diversos espesores de aislamiento térmico en poliestireno expandido (P.E.) con densidad 20 Kg/m³. En los muros incluidos los antechos y rasgos de puertas y ventanas, además en cielo techumbre. Las ventanas con temo panel en doble vidrio hermético (D.V.H.) en carpintería de PVC. Solo en el modelo 6 (M.6), se modifica el termo panel incorporando una lamina en base a un baño de óxidos de metal bajo emisivos; la carpintería en PVC.

En todos estos modelos que incorporan aislamiento térmico se considero un valor de puente térmico de 0,4 [W/m²K]. El piso no se interviene.

Resumen modelos y sus valores U de acuerdo a N.Ch. 853.

ELEMENTOS	CIELO	MURO	VENTANA	PISO	U	
MODELOS	cm	cm	U	Kl	U muro	U cielo
M0 base	Y.C.	35	5,8	1,4	2,6	3,8
M0 OGUC	Y.C.	35	5,8	1,4	2,6	3,8
M 1	12	5	2,8	1,4	0,593	0,302
M 2	15	5	2,8	1,4	0,593	0,244
M 3	15	10	2,8	1,4	0,334	0,244
M 4	15	15	2,8	1,4	0,233	0,244
M 5	20	10	2,8	1,4	0,334	0,185
M 6	20	15	1,9	1,4	0,233	0,185

Figura 5: Tabla resumen de los modelos de envolventes térmicas.



Figura 6: fotografía fachada del edificio.

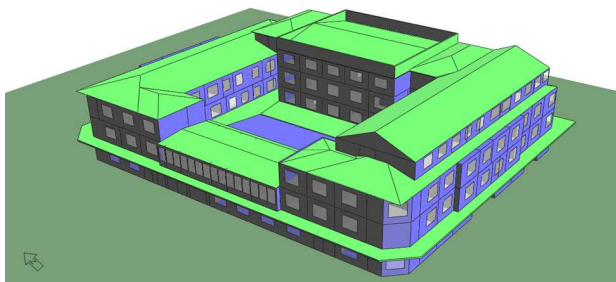


Figura 5: Vista Modelo Ies-VE

Para simular cada uno de los modelos energéticos propuestos y los dos modelos de base; los inputs de cargas de calor latente por persona son estimadas en 90 W y sensible en 60 W. En iluminación artificial se considero un rango de 8 a 15 [W/m²]. En el caso de equipos se considero de acuerdo a cada servicio según el levantamiento.

El caudal de ventilación se planteo en 7 l/s por persona. En el caso de las infiltraciones para oficinas, salas de estar o espera, salas de reuniones 2 Rh

La temperatura interior se estableció en 20°C para invierno y 24°C en verano.

Resultados:

Al simular los modelos térmicos, se verifica inmediatamente que los modelos con mejoramientos térmicos de la envolvente disminuyen las demandas energéticas, observando que esta menor demanda energética es drástica.

También se observó que al optimizar la ocupación del edificio según O.G.U.C. disminuyéndola (M.0 -O.G.U.C.); debido a que actualmente el edificio está saturado de servicios incidiendo en mayor público y funcionarios; aumentó la demanda energética indicando que estas cargas por ocupación se reflejan en una mayor demanda energética, 11,2%

Las demandas energéticas de enfriamiento son muy bajas, sin embargo demuestran aumentar a medida que aumenta el espesor de aislamiento térmico.

Comparación demandas mensuales de calefacción [kWh mes].

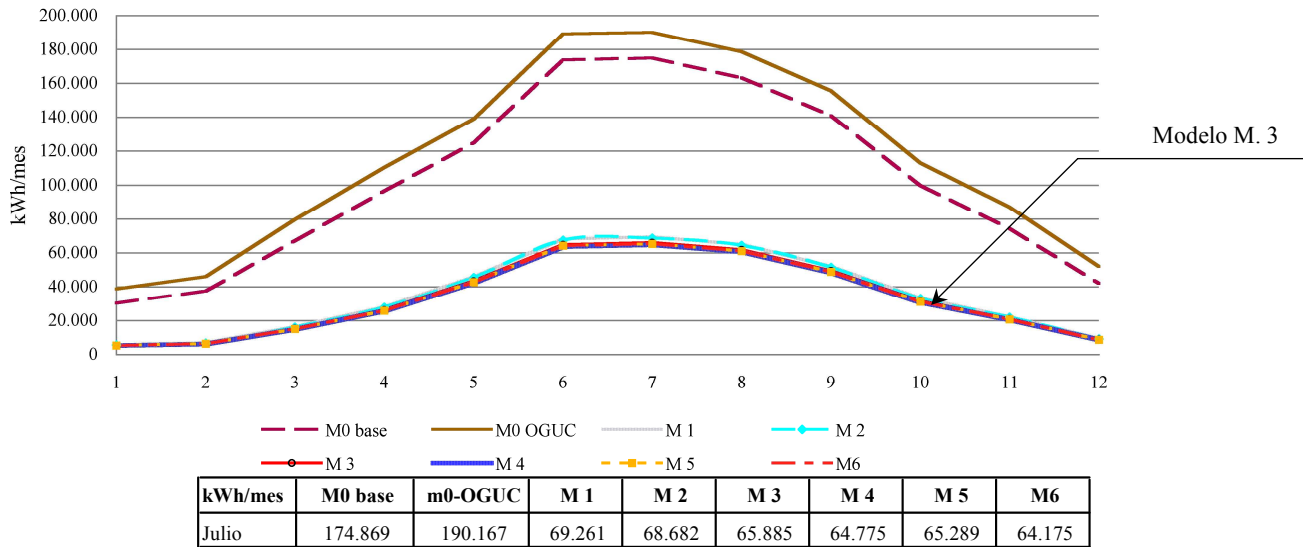


Figura 7: Gráfico demanda de calefacción

Comparación demandas mensuales de enfriamiento [kWh mensual]

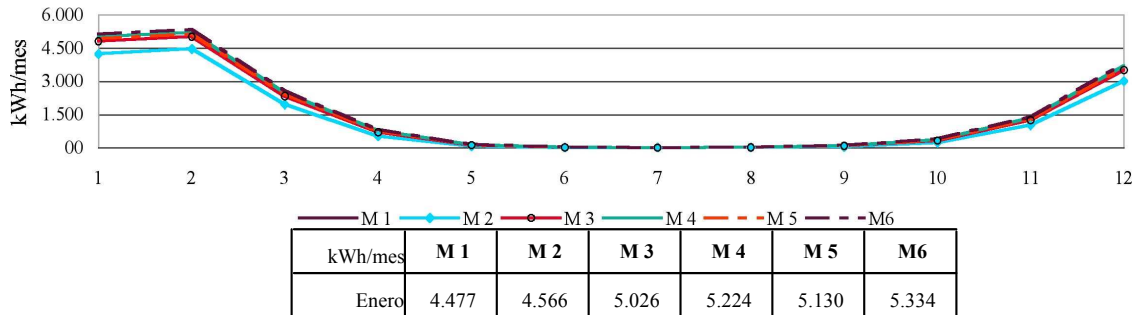


Figura 8: Gráfico demanda de enfriamiento.

Comparación de la demanda energética total en calefacción entre modelos [kWh]

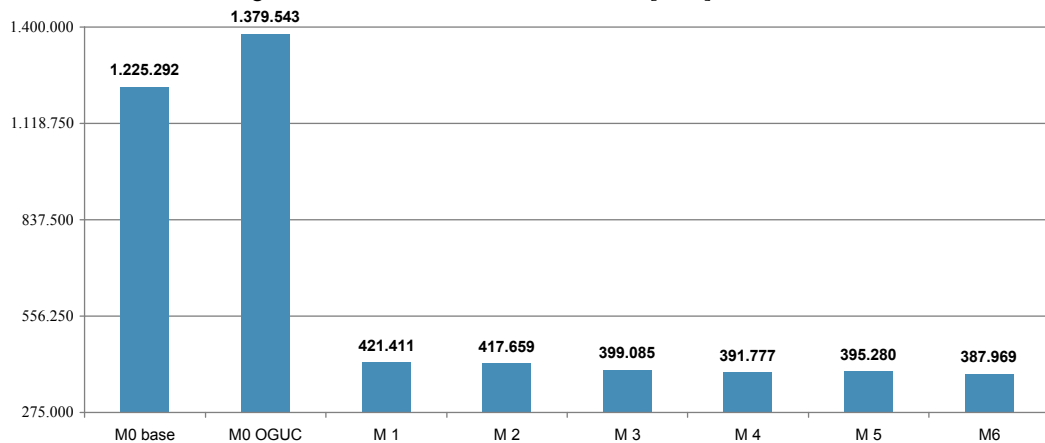


Figura 9: Comparación demanda de energía para calefacción anual por cada modelo.

De los 6 modelos estudiados que incorporan la variable del aislamiento térmico, se comparo el mejoramiento obtenido con el M.0-O.G.U.C. cuya carga de ocupación optima. La comparación permite establecer el porcentaje de ahorro obtenido respecto este modelo inicial. Si bien, la variable aislamiento térmico cambia de espesor por cada elemento constructivo según la figura 5 y las superficies de ventanas todas en termo panel; las diferencias en el cuadro (Figura 10) son pequeñas; sin embargo con respecto al modelo base M. 0, el comportamiento térmico mejora por sobre 69% inmediatamente en el primer modelo que incorpora la variable aislamiento. Los siguientes modelos varían entre 70% y 72%.

Ambas comparaciones demandas energéticas mensuales y demandas y ahorros, nos hacen optar por el modelo M.3 que representa una demanda de 399.085 [kWh] anuales representando un mejoramiento del 71%

Demanda de energía y porcentaje de ahorro.

		Demanda de Energía Anual (kWh*a-o)		
		Calefacción	(%) Ahorro respecto Caso M.0 OGUC	Refrigeración
M0 base	Modelo base: Caso base, materiales según diseño original. Carga de Ocupación según situación actual	1.225.292	-	no consulta
M0 OGUC	Modelo 0: Caso base, materiales según diseño original. Carga de Ocupación s/OGUC	1.379.543	-	no consulta
M 1	Aislamiento sobre losa 120mm. en P.E. D 15 kg/m3 +muros 50mm. P.E. Ventanas DVH carpintería en PVC.	421.411	69	15.732
M 2	Aislamiento sobre losa 150mm. en P.E. D 15 kg/m3+muros 50mm. P.E. Ventanas DVH carpintería en PVC.	417.659	70	16.180
M 3	Aislamiento sobre losa 150mm. en P.E. D 15 kg/m3+muros 100mm. P.E. Ventanas DVH carpintería en PVC.	399.085	71	18.346
M 4	Aislamiento sobre losa 150mm. en P.E. D 15 kg/m3 +muros 150mm. P.E. Ventanas DVH carpintería en PVC.	391.777	72	19.304
M 5	Aislamiento sobre losa 200mm. en P.E. D 15 kg/m3 +muros 100mm. P.E. Ventanas DVH carpintería en PVC.	395.280	71	18.897
M 6	Aislamiento sobre losa 200mm. en P.E. D 15 kg/m3 +muros 150mm. P.E. Ventanas DVH low-e interior, carpintería en PVC.	387.969	72	19891,7

Figura 10: Tabla demanda de energía anual y porcentaje de ahorro.

Horas acumuladas de operación de equipos según rangos de potencias.

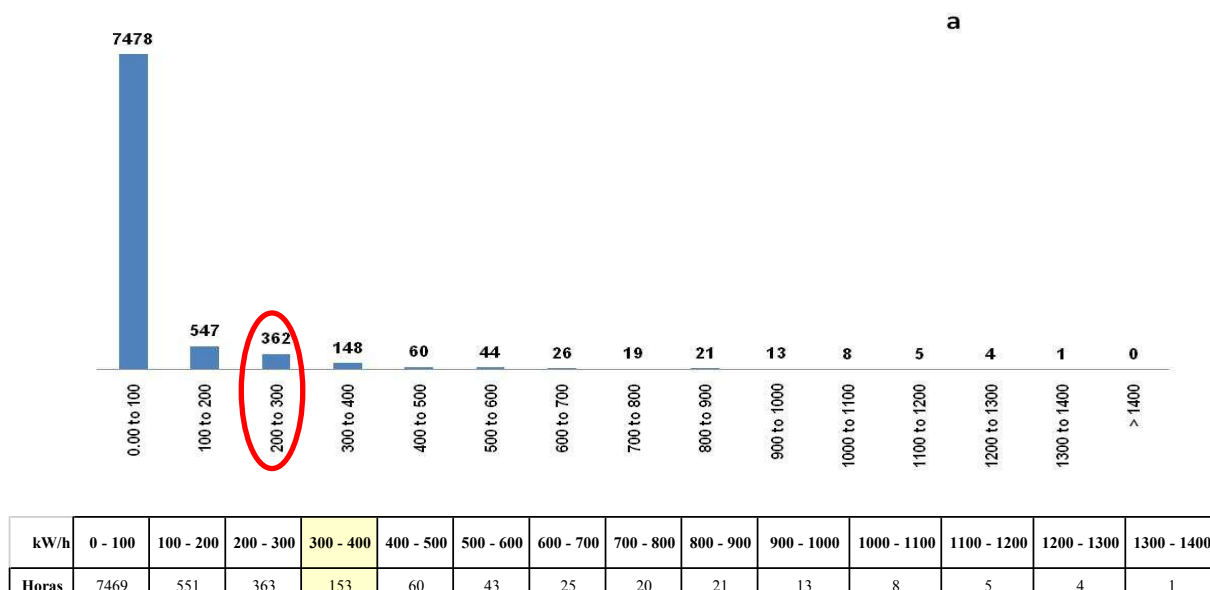


Figura 11: Tabla horas de operación de equipos.

La potencia para el modelo térmico seleccionado M3 nos indica que este demanda un rango mayor a 1000 [kW]. Para satisfacer el requerimiento de la comodidad térmica y cubrir todo evento de riesgo de desconfort térmico; sin embargo la mayor parte del tiempo restante el sistema estará subutilizado operando en un 75%, y mucho menos aún; lo que finalmente nos indica una central térmica sobredimensionada, se optó por la potencia de operación en el rango 300 a 400 [kW].

Determinación de la demanda unitaria anual [kWh/m2]

Se planteó calefacción en todas las oficinas y salas de reuniones; además los pasillos que habitualmente tienen espera y puntos para secretarías.

El total de superficie que incorpora calefacción es 5.189 m2; corresponde al 89,5 % de la superficie total del edificio que corresponde en total a 5863 m2.

SUP. CALEFACCIONADA [m2]	
Piso 1	1735,1
Piso 2	1413,3
Piso 3	1324,9
Piso 4	715,6
TOTAL	5188,9

Figura 12: Tabla superficie calefaccionada.

Demanda unitaria anual = $399.085 \text{ [kWh]} / 5189 \text{ [m2]} = 77 \text{ [kWh/m2 - año]}$

Clasificación según el Cuadro de Categoría Térmicas para Edificios MOP Región de Los Lagos.

Finalmente para etiquetar el comportamiento térmico del edificio, según el cuadro de categorías locales, ha sido posible incorporarlo en el tramo de demanda energética 51 a 80 kWh/año- m2, correspondiente a clasificación D.

	CATEGORIA ENERGETICA PARA EDIFICIOS PUBLICOS MOP REGION DE LOS LAGOS	
	KWh/año m2	
A	0	15
B	16	30
C	31	50
D	51	80
E	81	100
F	101	120

Figura 13: Tabla categorías térmicas para edificios MOP región de los Lagos.

CONCLUSIONES.

Se comprueba que la variable del aislamiento térmico inmediatamente mejora el desempeño energético del edificio, y este es en un 69% respecto al modelo 0 ajustado a los aspectos de la O.G.U.C.

Los espesores de aislamiento; si bien, fueron planteados en referencia a experiencias anteriores de otros trabajos en la zona, las pruebas realizadas demuestran una tendencia a estabilizar la curva de la demanda energética, aun cuando los espesores varían por sobre 5 cm.

La disminución de funcionarios ajustados a normativa vigente, disminuyendo funcionarios y público a aender; aumentó la demanda energética indicando que estas cargas por ocupación se reflejan es una mayor demanda energética.

Las demandas energéticas de enfriamiento son muy bajas, sin embargo demuestran aumentar a medida aumenta el espesor de aislamiento térmico.

El calculo de la demanda energética fue aplicado solo a los recintos a calefaccionar y esta superficie total permite obtener una demanda unitaria anual más ajustada a la vida operativa del edificio.

La herramienta de clasificación energética aplicada en proyectos anteriores en la región, se ha convertido en una referencia de medida en las posibilidades de ahorro energético del edificio.

Los espesores de aislamiento de envolvente resultaron notablemente mayores que los recomendados para la vivienda en la zona por el artículo 4.1.10 de la O.G.U.C., si bien los destinos son muy diferentes la reglamentación mencionada es muy conservadora.

BIBLIOGRAFIA.

A. M. Compagnoni y J. M. Evans (2010) "Eficiencia energética en vivienda: Aplicación de norma IRAM 11900 y uso del evaluador energético en prototipos aislados para Buenos Aires" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14, 2010. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Richarz Cl.; Schulz Chr., Zeitler Fr. (2007). Energy Efficiency Upgrades. Principles, Details, 1ª edición. An Edition Detail Book. Munich.

International Initiative for a Sustainable Built Environment (iisBE). <www.iisbe.org>.

Laustsen, Jens (2008). Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. International Energy Agency (IEA). <www.iea.org/g8/2008/Building_Codes.pdf>.

ABSTRACT

Abstract: within the framework of the modernization of the Chilean state, this consultancy is made to know and improve the thermal performance of the heritage building of La Gobernación de Llanquihue, located in the civic center of Puerto Montt. The study aims to identify constructive alternatives that allows the improvement of thermal performance. This study is presented for diagnosis and thermal improvement, based on concepts of energy efficiency, working in eight simulated thermal envelope models in IES-VE software, a recognition was made of the passive features of the building, placement, orientation, volume characteristics, materials, then taking with the organization and distribution of areas, facilities, services, etc.. In parallel, field information was lifted to build the load inputs of the building and its areas. According to the unit value of each item is considered M.3 model 3 as the best energy performance, 71% savings compared to base model.

Keywords: envelope, thermal simulation , thermal performance, tec