

INFORME TÉCNICO

Caso: Teatro Plaza
Municipio: Godoy Cruz
Provincia: Mendoza



La Plata, abril 2023

Fuente: Google, 2021

EQUIPO DE TRABAJO

Dr. Arq. Jorge Daniel Czajkowski	Director. Profesor Titular FAU UNLP / Investigador CONICET
Prof. Arq. Analía Fernanda Gómez	Profesora Titular FAU UNLP / Investigadora CONICET
Ing. Belén Birche	ACD FI UNLP / Becaria Doctoral CIC / Maestranda y doctoranda FAU UNLP
Sr. Julián Basualdo	Estudiante FAU UNLP
Sr. Matías Fernández	Estudiante Fac. Ing. UNLP
Dra. María de los Angeles Czajkowski	Secretaria técnica
Sr. Gerardo Aníbal Czajkowski	Técnico informático

El Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable pertenece a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de la Plata. Es un centro asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Fue creado en 2009 a partir de un grupo de investigación de la Cátedra de Instalaciones Nro 1.

La totalidad del equipamiento e instrumental de monitoreo usado en las campañas de auditorías energéticas pertenecen al LAyHS y fueron adquiridos con fondos públicos mediante subsidios UNLP, ANPCyT, CONICET, CIC y trabajos a terceros.

INFORME EJECUTIVO

Proyecto EUROCLIMA «Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables»

Caso: Teatro Plaza, Godoy Cruz, Mendoza.

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Colón 27, entre Rivadavia y Lavalle (Lat -32.925; Long -68.8452) en clima templado frío en Zona IVa (IRAM 11603). Se encuentra a 3 km de la ciudad de Mendoza en la misma zona bioambiental y de esta se toman los datos climáticos. Su construcción es de principios del s.XX. Está implantado en un lote amplio frente a la plaza cívica. Es un gran auditorio con una recepción de doble altura donde se encuentran servicios y anexos. Tiene una superficie habitable de 1500,99 m² y un volumen a climatizar de 8533,37 m³ con una altura media de locales de 5,69m.

Según sectores está materializado con gruesos muros de mampostería de ladrillos comunes revocados en ambas caras ($R= 0.61 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1,61 \text{ W/m}^2\text{K}$), el techo es de chapa ondulada con aislación termoacústica ($R= 2,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de perfiles de aluminio con un vidrio de seguridad de 3+3mm de espesor sin protección adicional ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son mixtos de cerámicas esmaltadas sobre contrapiso de hormigón pobre o baldosas calcáreas ($R= 0.83 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Figura 1: Implantación del Teatro Plaza en la estructura urbana. Fuente: Google Maps.

Posee buena iluminación natural en el hall/foyer no así en la sala o camerinos. El sistema de alumbrado interior está en transición notándose la presencia de lámparas alógenas junto a fluorescente y LED. El sistema de climatización es mediante un gran equipo de aire acondicionado frío/calor centralizado todo aire, ubicado principalmente para alimentar la sala.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción convencional en la región, de baja eficiencia energética en su envolvente. El personal manifiesta que es caluroso en los meses de verano y templado en los meses de invierno. El diagnóstico energético muestra que en la condición actual el edificio requiere 81336,46 kWh/año en calefacción y 141242,55 kWh/año en refrigeración y con todas las medidas de rehabilitación podría reducirse a 68758,06 kWh/año y 118033,34 kWh/año respectivamente. Implica una reducción en la demanda del 15,46 % en calefacción y 16,43% en refrigeración. Así tendríamos como indicador de comparación en calefacción 45,81 kWh/m².año y 78,64 kWh/m².año en refrigeración con un total de 124,45kWh/m².año. Relativamente complejo de reducir con medidas pasivas de eficiencia energética. Solo queda apelar a una combinación de diseño bioclimático y medidas activas combinando energías renovables con sistema de climatización híbrido. Para su uso se adoptó una planta térmica todo aire de bajo impacto en la estructura del edificio, pero también relativamente eficaz y no de gran eficiencia energética.

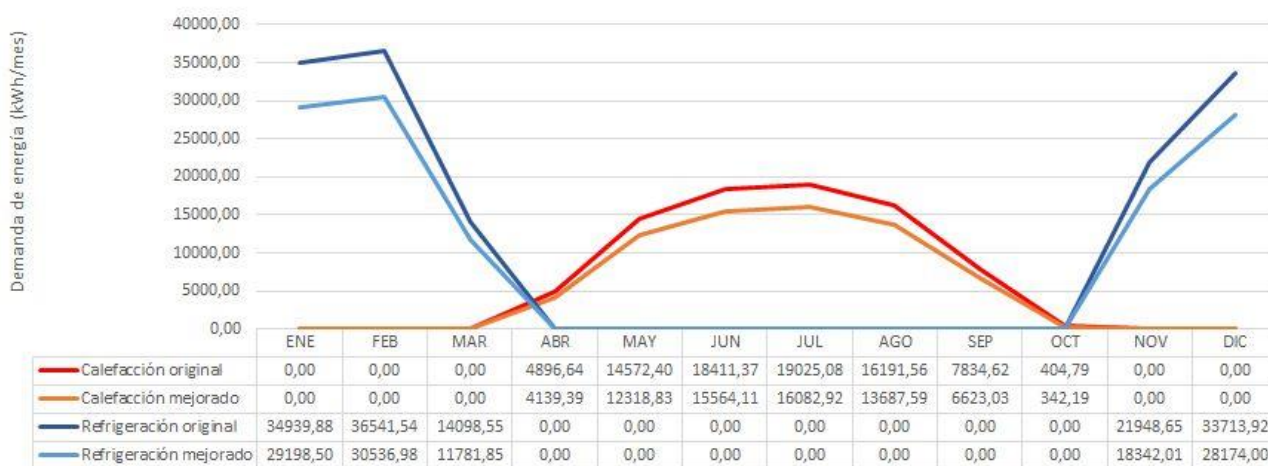


Figura 1: Comparación de demandas de energía en climatización mensual original y con mejoras.

Recomendaciones rehabilitación:

La medida más importante es trabajar sobre los techos y muros:

- 1) agregar 10 cm de lana de vidrio con foil de aluminio inferior sobre el cielorraso;
- 2) En muros aislar con EIFS/SATE de 4 o 5 cm de EPS de 30Kg/m³ en la cara opaca exterior.
- 3) La medida quizá más costosa es una readecuación bioclimática y una planta térmica con geotermia junto a una distribución híbrida por aire y radiante. Implica una gran inversión y un tiempo de obra de varios meses.

Debemos recordar que uno de los mayores aportes es calor metabólico de varios cientos de espectadores junto a luminarias y equipos varios en espectáculos. Dado que a pesar de estas medidas el edificio seguirá demandando energía se sugiere actualizar los equipos de climatización con un sistema sustentable alimentado por un generador fotovoltaico instalado en los techos que además brindará protección solar adicional a estos en los calurosos meses de verano.


Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Godoy Cruz, Provincia de Mendoza

EDIFICIO Cine-Teatro Plaza

DIRECCIÓN Colón 27

FECHA VISITA 1 08/03/2022 al 15/03/2022

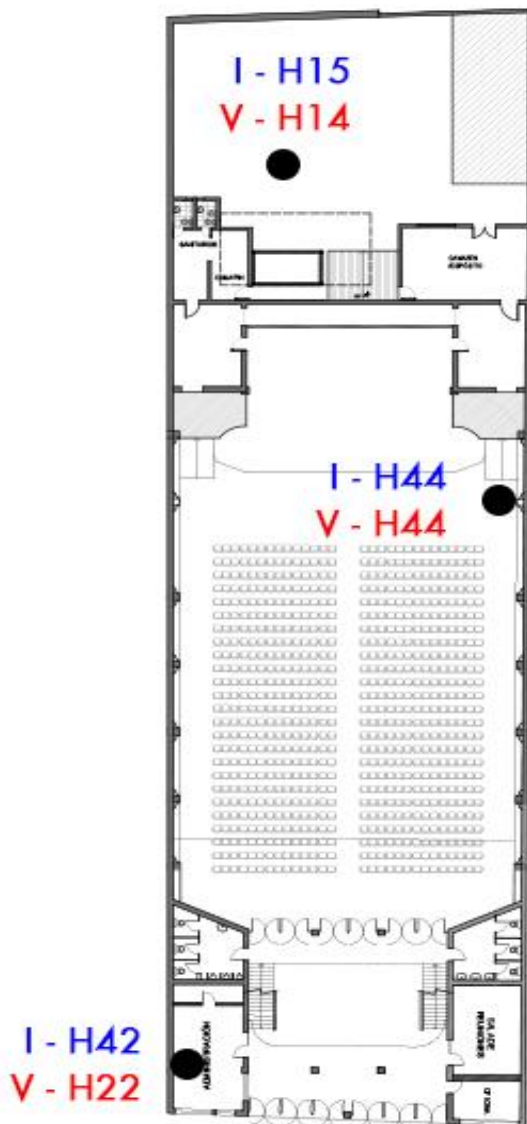
FECHA VISITA 2 26/07/2022 al 01/08/2022

Implantación

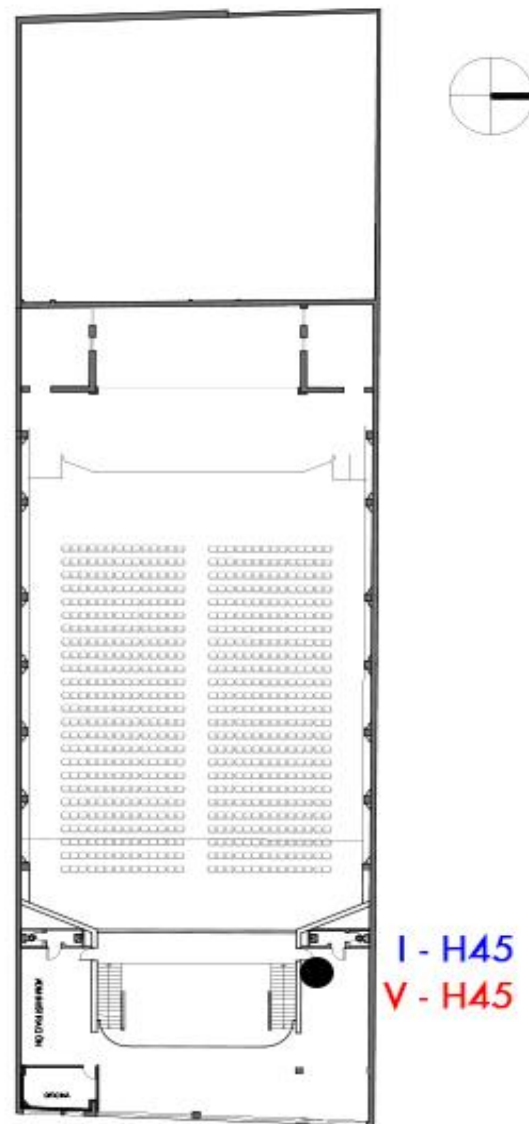


-32,94 latitud sur
-68,82 longitud oeste

PLANO DEL EDIFICIO CON UBICACIÓN DE HOBOS



PLANTA BAJA

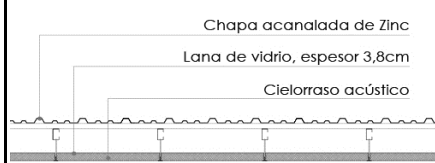


PLANTA Nivel +4.50

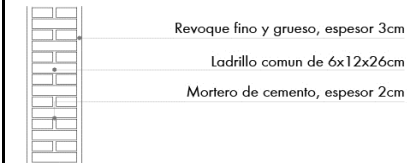
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Godoy Cruz, Provincia de Mendoza

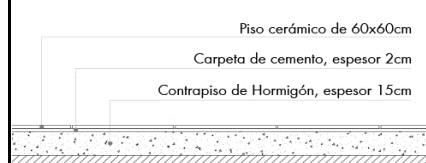
EDIFICIO Cine-Teatro Plaza

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Techo de chapa con aislación térmica y acústica en cielorraso suspendido

Muros

Muro de ladrillo común macizo doble con revoque en interior y exterior

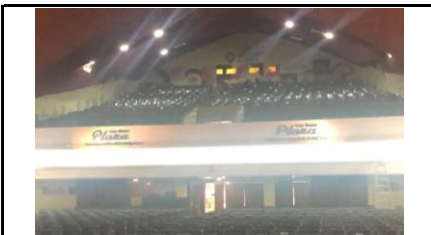
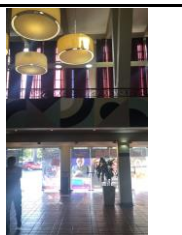
Piso

Cemento alisado, en el salón principal con alfombrado, resto de dependencias con baldosas cerámicas

Carpintería Marcos de aluminio y vidrio simple

Instalaciones térmicas Sistema de aire acondicionado central

Instalaciones lumínicas Luces dicroicas alógenas, de bajo consumo y led

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	1500,99 m ²
Volumen habitable	8533,37 m ³
Compacidad -Co-	0,31 -
Factor de forma -f-	0,18 -
Factor de exposición -fe-	0,42 -
Altura media de locales -h-	5,69 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda calefacción anual /m2	23,60 kWh/m ² año
Demanda refrigeración anual /m2	38,53 kWh/m ² año
Coefficiente global de pérdidas Gcal	0,96 w/m ³ .k
Coefficiente de pérdidas Scal	1,46 w/m ² .k

Pérdidas por envolvente calefacción	Techos	486,68 W/K
	Muros	1136,98 W/K
	Aberturas	535,31 W/K
	Pisos	28,75 W/K
	Renovación de aire	5973,36 W/K

Necesidad de energía por balance	222579,01 kWh/año
Aporte de energía según mediciones	kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas	%

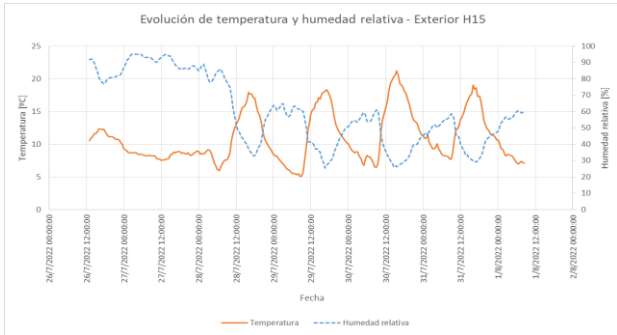
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Godoy Cruz, Provincia de Mendoza
 EDIFICIO Cine-Teatro Plaza

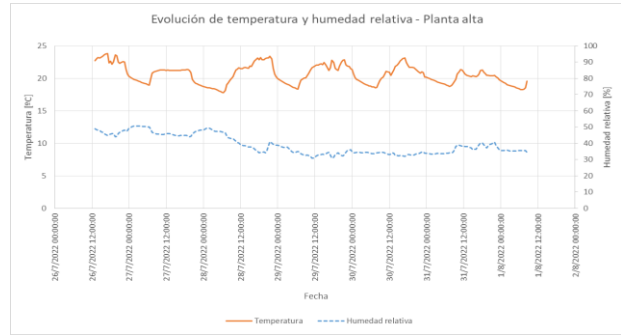
SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H15 - Edificio: Cine-Teatro Plaza

Hobo interior: H45



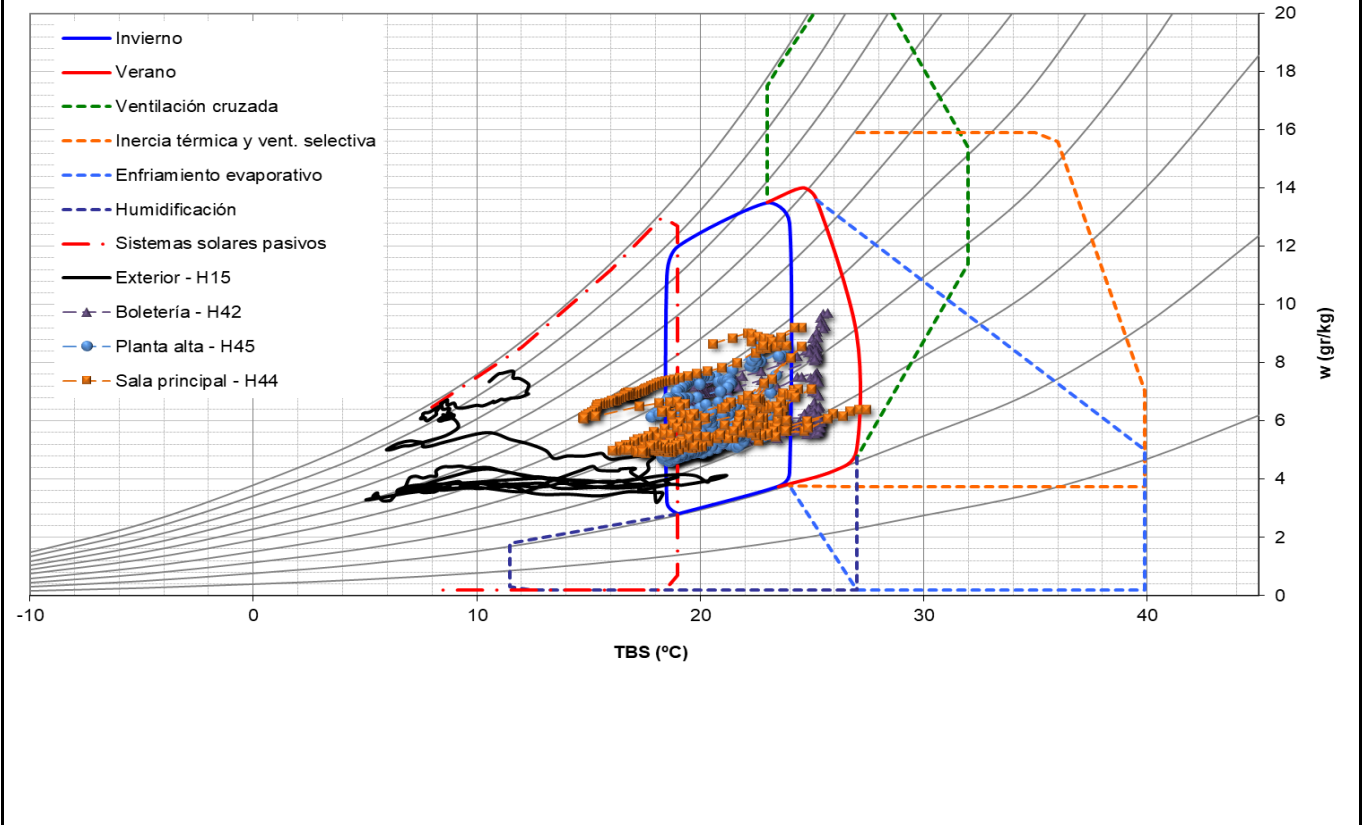
Lectura: 26/07/2022 13:00
 01/08/2022 8:30
 T [°C] Prom: 10,96
 HR [%] Prom: 59,68



Lectura: 26/07/2022 13:00
 01/08/2022 8:30
 T [°C] Prom: 20,59
 HR [%] Prom: 39,00

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO

Godoy Cruz - Cine Teatro Plaza - Invierno



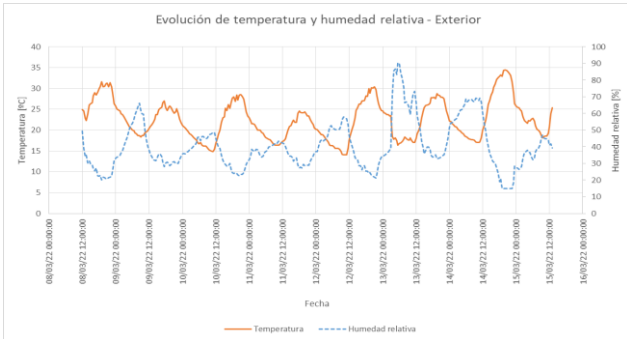
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Godoy Cruz, Provincia de Mendoza
 EDIFICIO Cine-Teatro Plaza

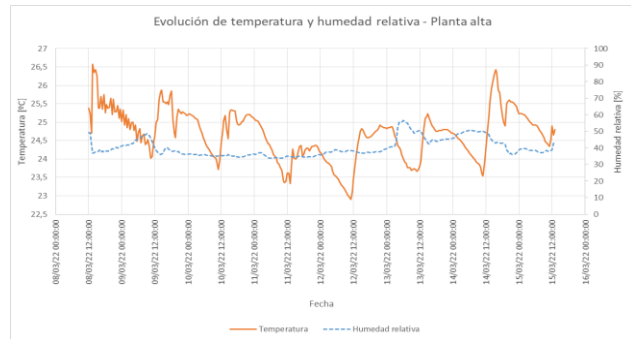
SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H14 - Edificio: Cine-Teatro Plaza

Hobo interior: H45



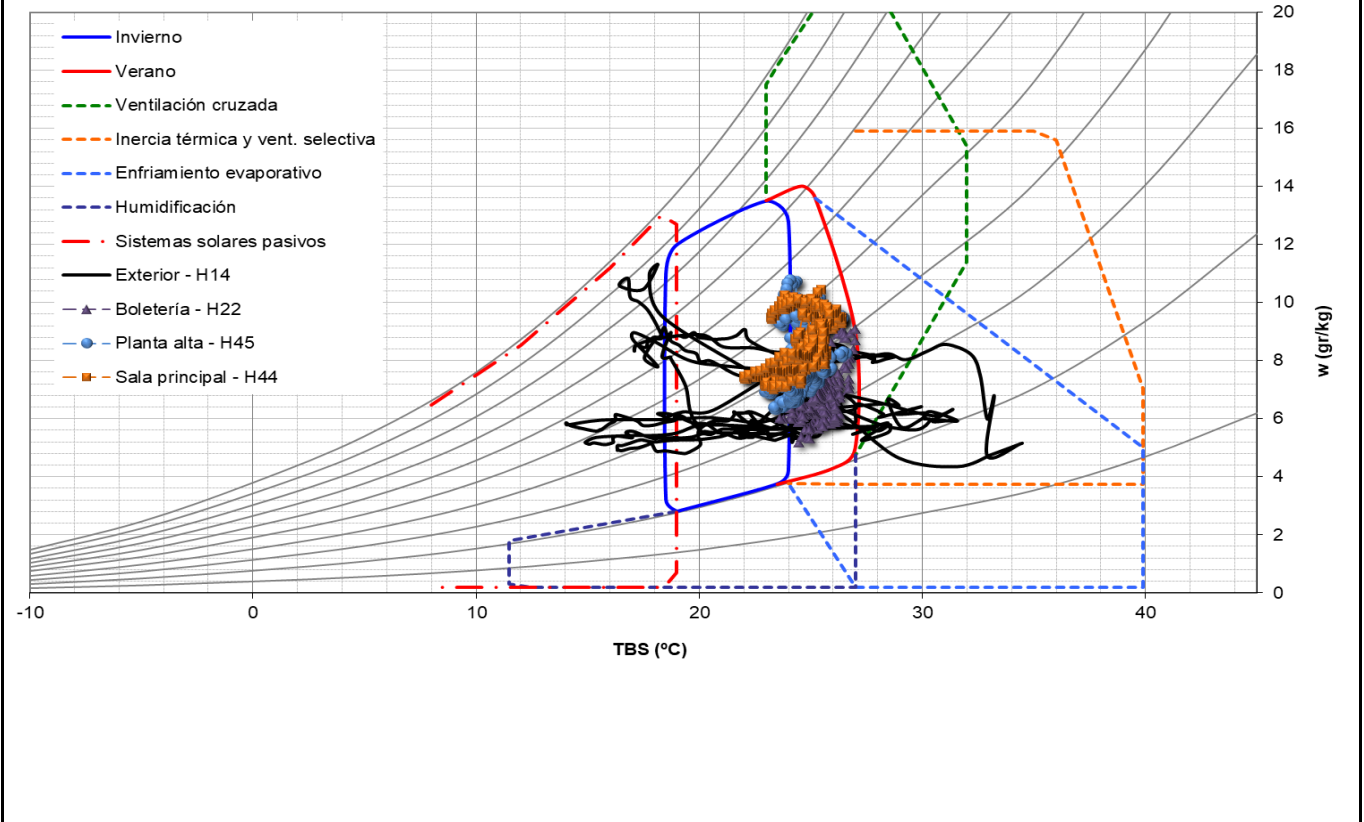
Lectura: 08/03/2022 12:00
 15/03/2022 13:00
 T [°C] Prom: 22,46
 HR [%] Prom: 40,16



Lectura: 08/03/2022 12:00
 15/03/2022 13:00
 T [°C] Prom: 24,67
 HR [%] Prom: 40,13

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO

Godoy Cruz - Cine Teatro Plaza - Verano



REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Teatro Plaza

Localidad: Godoy Cruz, Mendoza.

El edificio se encuentra localizado en calle Colón 27, entre Rivadavia y Lavalle (Lat -32.925; Long -68.8452) en clima templado frío en Zona IVa (IRAM 11603). Se encuentra a 3 km de la ciudad de Mendoza en la misma zona bioambiental y de esta se toman los datos climáticos. Su construcción es de principios del s.XX. Está implantado en un lote amplio frente a la plaza cívica. Es un gran auditorio con una recepción de doble altura donde se encuentran servicios y anexos. Tiene una superficie habitable de 1500,99 m² y un volumen a climatizar de 8533,37 m³ con una altura media de locales de 5,69m.



Figura: Implantación del Teatro Plaza en la manzana.

Según sectores está materializado con gruesos muros de mampostería de ladrillos comunes revocados en ambas caras ($R= 0.61 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1,61 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$), el techo es de chapa ondulada con aislación termoacústica ($R= 2,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 0,46 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de perfiles de aluminio con un vidrio de seguridad de 3+3mm de espesor sin protección adicional ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 5.86 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Los solados son mixtos de cerámicas esmaltadas sobre contrapiso de hormigón pobre o baldosas calcáreas ($R= 0.83 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1.38 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$).

A los fines del diagnóstico energético en situación de calefacción las renovaciones de aire se fijan en $N=2$ (IRAM 11604) y en la situación de refrigeración en $\text{Car}= 15 \text{ m}^3/\text{h}.\text{persona}$ (IRAM 11659-1). No se considera aporte solar o de ocupación en invierno. En verano se considera una ocupación media de personas, el aporte solar y las luminarias encendidas durante 8hs.

1. INVIERNO - VERSIÓN ORIGINAL: Se realiza un análisis térmico y energético mediante una aplicación desarrollada ad-hoc para el Producto 6 en Excel y que usa las Normas IRAM 11601, 11605, 11604, 11659 y 11900 como referencia. Se usan los datos bioclimáticos de la localidad que resulta ser la Ciudad de Mendoza

(Mendoza). Los datos fueron tomados de la Norma IRAM 11900/18 que muestra datos mensuales de temperaturas medias (°C) y radiación solar media (W/m²). Los valores medios mensuales de humedad relativa se tomaron de: <http://arquinstal.com.ar/atlas.html> que muestra información del Servicio Meteorológico Nacional.

Municipio	Godoy Cruz, Provincia de Mendoza
Edificio	Cine Teatro Plaza
Localidad más cercana en la base de datos:	Mendoza - Prov. Mendoza

Mes ()	Días ()	Tm (°C)	Tdc-Tm (°C)	Tm-Tdr (°C)	HR (%)	Radiación solar media mensual (W/m ²)								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
Enero	31	25,7	0	5,7	50	111	174	206	161	95	171	217	180	381
Febrero	28	26,6	0	6,6	53	147	186	191	135	74	140	200	193	341
Marzo	31	22,3	0	2,3	59	199	198	165	97	57	99	168	200	276
Abril	30	17,5	2,5	0	62	232	198	137	66	46	68	139	200	218
Mayo	31	12,8	7,2	0	60	215	166	95	41	35	43	100	172	148
Junio	30	10,6	9,4	0	62	227	170	87	33	30	34	91	176	133
Julio	31	10,6	9,4	0	61	217	161	87	36	31	38	97	174	137
Agosto	31	12	8	0	50	225	179	113	51	40	55	123	190	180
Septiembre	30	16	4	0	47	209	195	150	80	49	81	150	194	246
Octubre	31	19,8	0,2	0	49	167	195	186	122	66	123	186	194	308
Noviembre	30	23,7	0	3,7	48	126	185	210	161	93	165	214	188	368
Diciembre	31	25,5	0	5,5	51	100	170	210	171	106	180	220	174	391
Anual	365	18,6	40,7	23,8	54	2175	2177	1837	1154	722	1197	1905	2235	3127

Tabla 1: Datos mensuales de temperaturas medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Mendoza (Mza).

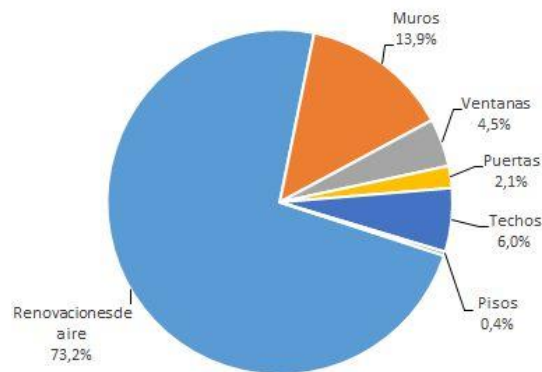


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

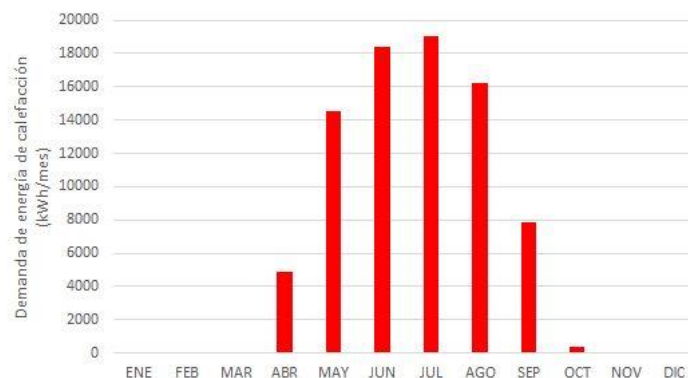


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales		
Superficie habitable	1500,99	m ²
Volumen habitable	8533,37	m ³
Indice Compacidad Co	0,31	adim
Factor de forma f	0,56	adim
Factor de exposición Fe	0,42	adim
Altura media de locales	5,69	m
Superficie envolvente	4810,83	m ²
Superficie expuesta	2004,41	m ²

Tabla 2: Resumen de aspectos dimensionales del edificio

Del diagnóstico surge que el edificio tiene un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 0,96 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 1.46 W/m²K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **81336,46 kWh/año** y 54,19 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

A fin de definir estrategias de rehabilitación se analizan las pérdidas y se encuentra que es factible intervenir los techos (6,0%), muros (13,9%) y vidriados (6,60%, ventanas y puertas), según Figura 1, a fin de lograr mejoras en la demanda de energía.

2. INVIERNO - PROPUESTA MEJORADA:

- Aislamiento en muros tipo EIFS/SATE (External Insulation Finish System) con 5 cm de EPS de 30kg/m³ y base coat reforzado con malla Fibra Vidrio 10x10mm de 110g/m² en los muros con terminación exterior revocada. ($K_{m1} = 0.47 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- En techos de chapa ondulada implementar un “techo frío” junto a un refuerzo con 10cm de lana de vidrio con foil de aluminio. ($K_{t2} = 0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- La intervención más costosa es en vidriados, sea en aislamiento, como en protección solar en la fachada este, cambiando el cristal templado con marcos que soporten DVH. ($K_{v1} = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Por la complejidad no se prevé mejoras en pisos. ($K_p = 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$)

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 15,46 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 0.81 W/m³K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **68758,06 kWh/año** y 45,81 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

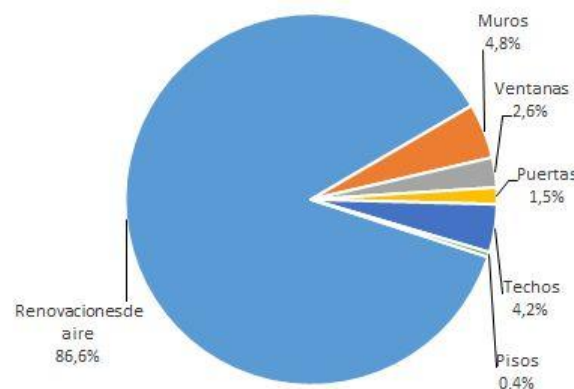


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada

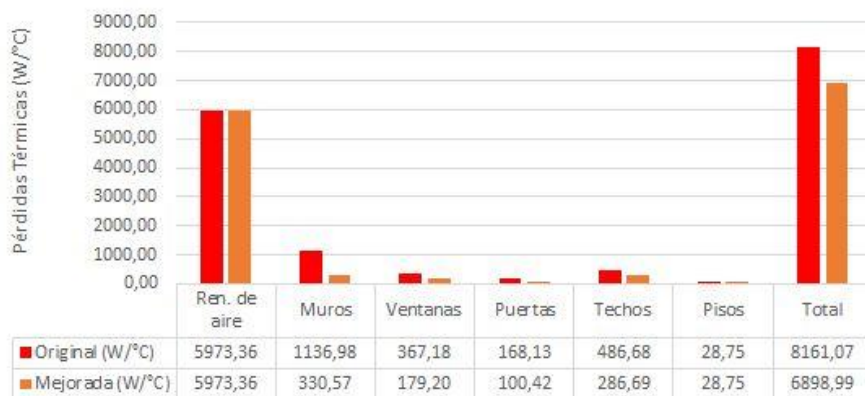


Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

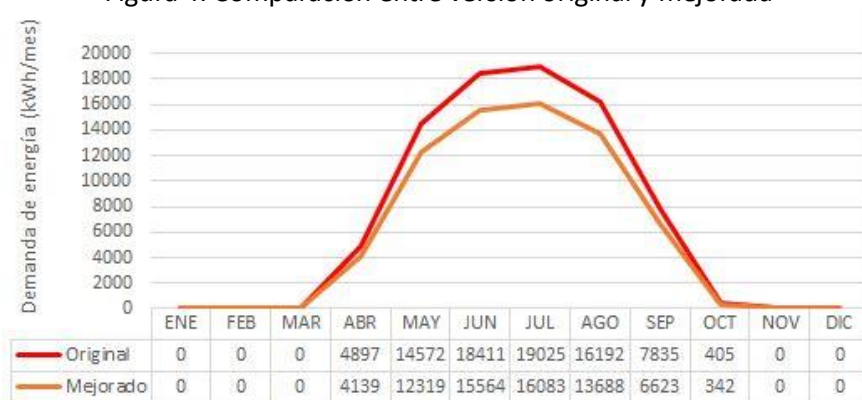


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

3. CONCLUSIÓN INVIERNO:

Cabe remarcar que es un diagnóstico simplificado en régimen estacionario que no contempla ocupación (personas, iluminación y equipos) y el aporte solar, que reducirían la demanda de energía. Se supone una temperatura de termostato de 20°C en el interior. La iluminación existente es en buena parte LED. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 15,46%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 27,6%, los techos con el 2,0%, los muros con un 4,6%, y las ventanas con un 1,5%. En la condición de invierno se propuso mejoras en estos, pero es importante la *protección solar*.

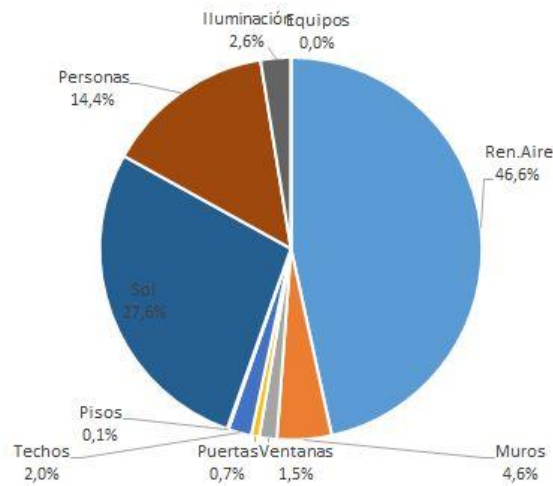


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

Este análisis simplificado no considera el aporte solar mediante temperatura sol/aire o similar ni el efecto de la inercia térmica que quizá modificaría la distribución de aportes. No se consideraron sombras arrojadas por árboles o edificios. No es posible modificar aporte de personas, iluminación o renovaciones de aire al ser un edificio público.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **141242,55 kWh/año** y 94,10 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

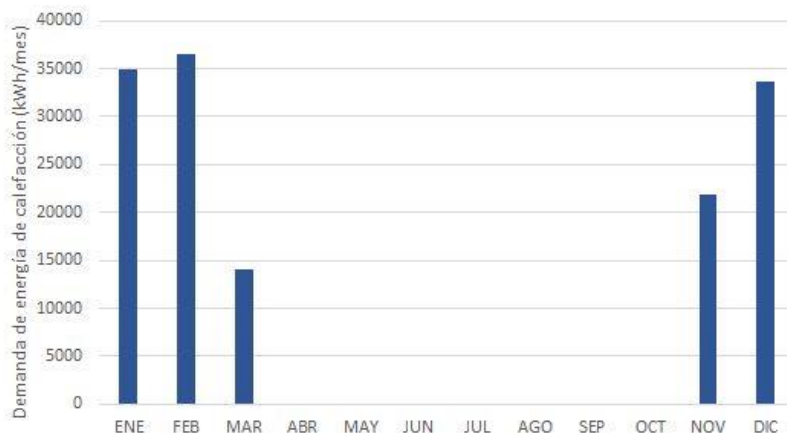


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

5. VERANO - PROPUESTA MEJORADA:

Se mantienen las mejoras propuestas para el invierno solo agregando una protección solar en las aberturas que lo requieran. Se busca que los vidriados tengan un FES = 0.45 en ventanas.

La figura 8 muestra la leve reducción del aporte solar relativo, con las mejoras propuestas lo mismo que en muros, techos y ventanas. No se consideraron las mejoras en pisos y puertas lo mismo que en renovaciones de aire dado el tipo de función edilicia y costos de intervención.

Así la propuesta mejorada implica una reducción del **16,43%** en la demanda de energía eléctrica en refrigeración, sin considerar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado.

En la figura 9 se comparan el edificio original con el que resulta de las propuestas de mejoras. Destacan las reducciones en muros, ventanas, techos y en asoleamiento.

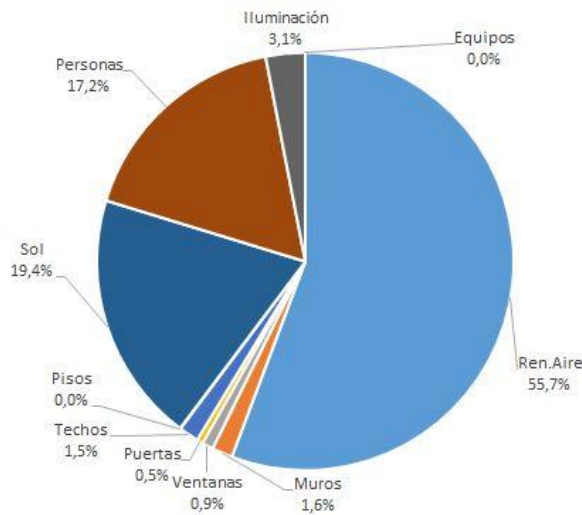


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **118033,34 kWh/año** y 16,43 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

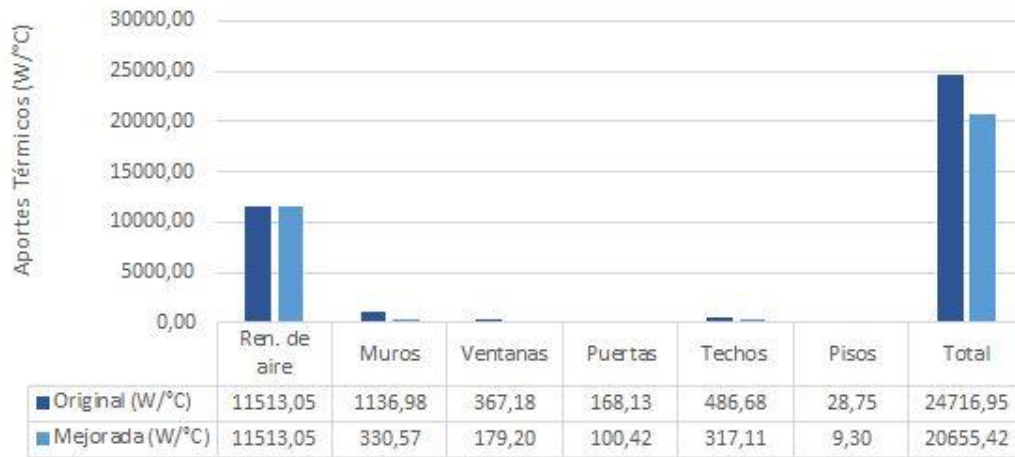


Figura 9: Comparación de edificio original y mejorado. Situación verano.

La figura 9 compara las demandas de energía entre el edificio original y el mejorado. Las reducciones más importantes se dan en asoleamiento, techos y muros. seguido de ventanas por conducción e iluminación.

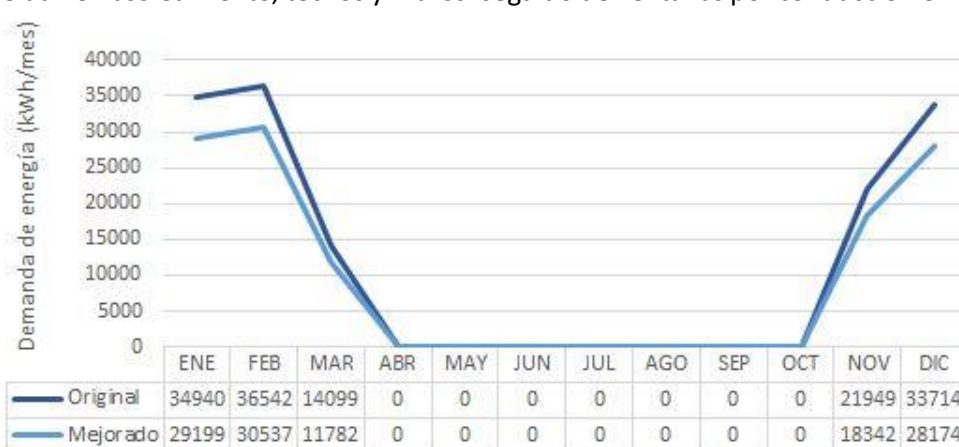


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

6. CONCLUSIÓN:

La figura 11 a modo de conclusión muestra que la reducción total anual de energía en climatización con las medidas de mejora propuestas podría ser de un 16,08% para mantener el edificio en una temperatura constante de 20°C a lo largo de 8hs de lunes a viernes todo el año. Reduciendo de los 148,29 kWh/m²año a 124,45 kWh/m²año.

Esto muestra la necesidad de implementar soluciones de fondo en especial en diseño bioclimático dadas las relativamente beneficiosas características climáticas de la localidad que podrían extender la cantidad de días sin climatización artificial. Además un diseño sustentable de las instalaciones térmicas que combinen geotermia y distribución radiativa y convectiva del aire interior junto a renovables cubriendo el techo reducirían significativamente la demanda de energía a la red pública. Aunque con una gran inversión y varios meses de obra. Excede completamente a este proyecto.

Demanda de energía Comparación anual	Calefacción		Refrigeración	
	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)
ENE	0,00	0,00	34939,88	29198,50
FEB	0,00	0,00	36541,54	30536,98
MAR	0,00	0,00	14098,55	11781,85
ABR	4896,64	4139,39	0,00	0,00
MAY	14572,40	12318,83	0,00	0,00
JUN	18411,37	15564,11	0,00	0,00
JUL	19025,08	16082,92	0,00	0,00
AGO	16191,56	13687,59	0,00	0,00
SEP	7834,62	6623,03	0,00	0,00
OCT	404,79	342,19	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	21948,65	18342,01
DIC	0,00	0,00	33713,92	28174,00
Total	81336,46	68758,06	141242,55	118033,34
Reducción de demanda (%)		15,46		16,43

al climatización anual original	222579,01 (kWh/año)	148,29 (kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	186791,40 (kWh/año)	124,45 (kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)		16,08

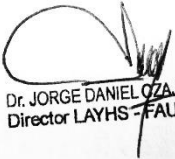
DECal	DECal+	DERef	DERef+
54,19	45,81	94,10	78,64
kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año
Reducc (%)	15,46		16,43

Tabla 3: Síntesis de resultados de diagnóstico energético.



Figura 11: Comparación anual caso: Teatro Plaza, Godoy Cruz. Mza.

Nota: las superficies y volumen usados en el diagnóstico corresponden a lo determinado por la Norma IRAM 11604/01 apartado 3.



Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP