

INFORME TÉCNICO

Caso: Palacio Municipal
Municipio: Camilo Aldao
Provincia: Córdoba



La Plata, Junio 2022

LAYHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable / FAU UNLP /CIC

Calle 47 Nro 162 (1900) La Plata - Tel: +54 221 4236587/90 int 255 - Mail: layhs@fau.unlp.edu.ar

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
Esp. Arq. Roberto N. Berardi	ACD FAU UNLP / Maestrando FAU UNLP
Esp. Arq. David Basualdo	ACD FAU UNLP / Maestrando y doctorando FAU UNLP
Sr. Julián Basualdo	Estudiante FAU 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»

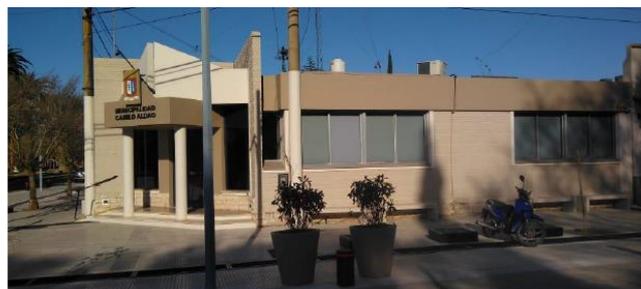
Caso: Palacio Municipal de Camilo Aldao, Provincia de Córdoba.

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Belgrano 901 de Camilo Aldao (Lat -33.12; Long -62.09) en clima templado cálido en Zona IIa (IRAM 11603). Su construcción es de mediados del siglo pasado y ha sufrido numerosas renovaciones encontrándose en buen estado. Está implantado en un lote de esquina cuyo frente principal mira al NNE. La edificación con forma de L ocupa más del 60% del lote, mientras el resto es ocupado por otras dependencias que no se auditaron. Tiene una superficie habitable de 297.05m² y un volumen a climatizar de 831.74m³ con una altura media de locales de 2,80m.

Está materializado con muros de ladrillos macizos de 30cm, revocados en ambas caras ($R= 0.53 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1.88 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$), el techo es de losa de H°A° con contrapiso de pendiente membrana hidráulica y terminación de ladrillos ($R= 0.62 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1.62 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). 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 $K= 1.20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$).

Posee buena iluminación natural y el sistema de alumbrado interior es tipo LED de reciente rehabilitación. Posee un generador solar fotovoltaico de 6,90 kWp conectado a red urbana mediante un inversor de corriente trifásico y un medidor de doble vía. Este permite reducir la demanda anual unos 4844 kWh/año de los 15000 kWh/año, interanuales. El sistema de climatización es mediante equipos de aire acondicionado frío/calor, ubicados en los ambientes principales. El edificio contaba con protecciones solares en las ventanas y lamentablemente en la rehabilitación se eliminaron y en la actualidad se generan sobrecalentamientos.



Fuente: Eficiencia energética y ure en edificio municipal de camilo Aldao, de: Abate, Rastelli y Renzi. 2019.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción convencional típico en la región y de baja eficiencia energética. El personal manifiesta que es muy caliente en los meses de verano y regular en los meses de invierno. A pesar de contar con sistema de climatización.

Recomendaciones rehabilitación:

La medida más importante es trabajar sobre el techo con dos medidas prioritarias: a. agregar 8 cm de EPS de 30 kg/m³ sobre la losa cubierto (techo invertido) con 6 cm de arcilla expandida. Una segunda medida es agregar un EIFS/SATE de 4 o 5 cm de EPS de 30Kg/m³ en la cara opaca exterior. La tercera medida y probablemente la más costosa cambiar las carpinterías de ventanas por otras de PVC con DVH y cortinas exteriores automáticas.

En cuanto a climatización pensar en un sistema frío/calor con bomba de calor y sonda geotérmica accionado por el generador solar. Automatizado con los horarios de funcionamiento del edificio.

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Camilo Aldao, Provincia de Córdoba

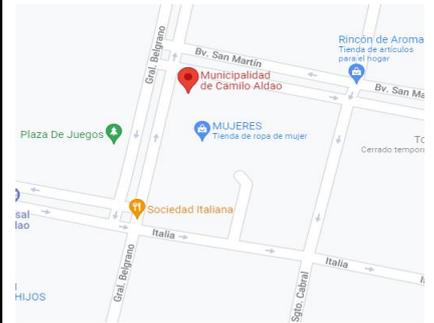
EDIFICIO Palacio Comunal

DIRECCIÓN Belgrano 901

FECHA VISITA 1 29/09/2021

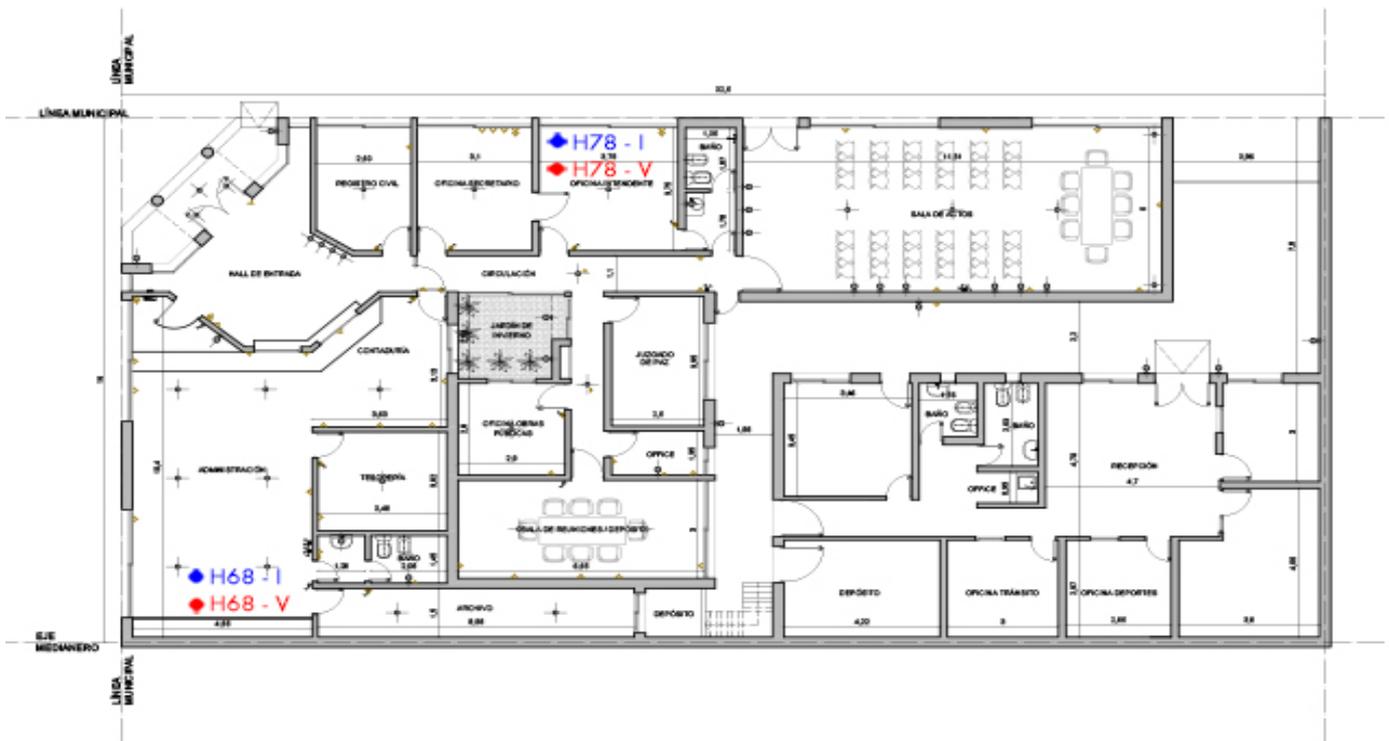
FECHA VISITA 2 13/10/2021

Implantación



-33,12 latitud sur
-62,09 longitud oeste

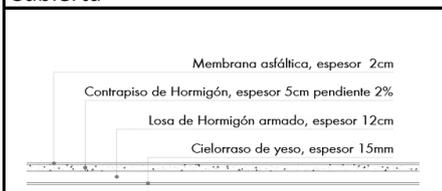
PLANO DEL EDIFICIO CON UBICACIÓN DE HOBOS



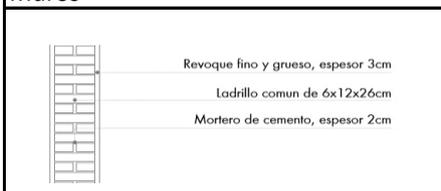
PLANTA BAJA
ESC. 1:100

FICHA RESUMEN N° 1

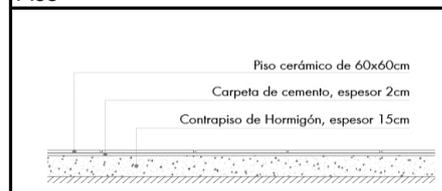
MUNICIPIO Camilo Aldao, Provincia de Córdoba
EDIFICIO Palacio Comunal

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Losa de Hormigón Armado

Muros

Ladrillo macizo, espesor 30cm

Piso

Baldosas cerámicas

Carpintería Marcos de aluminio con vidrios simples

Instalaciones térmicas 2 estufas convectoras de 5000 kcal

Instalaciones lumínicas Lámparas LED

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	297.05 m ²
Volumen habitable	831.74 m ³
Índice compacidad -Co-	0.58 -
Factor de forma -f-	0.62 -
Factor de exposición -fe-	0.97 -
Altura media de locales -h-	2.80 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Consumo anual /m ² de electricidad	52.11	kWh/m ² año
Consumo anual /m ³ gas natural	-----	m ³ /m ² año
Coefficiente global de pérdidas	2.18	W/m ³ K
Coefficiente de pérdidas P/m ²	4.13	W/m ²
Pérdidas por envolvente	Techos	481.95 W/°C
	Muros	296.91 W/°C
	Aberturas	299.26 W/°C
	Pisos	121.97 W/°C
	Renov. Aire	569.09 W/°C
Necesidad anual de energía en calefacción	12105.42	kWh/año

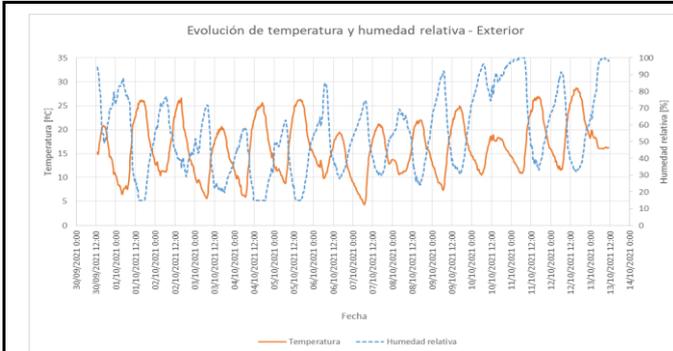
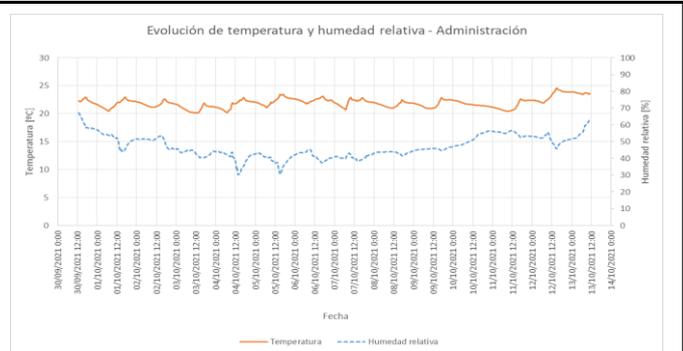
FICHA RESUMEN N° 1

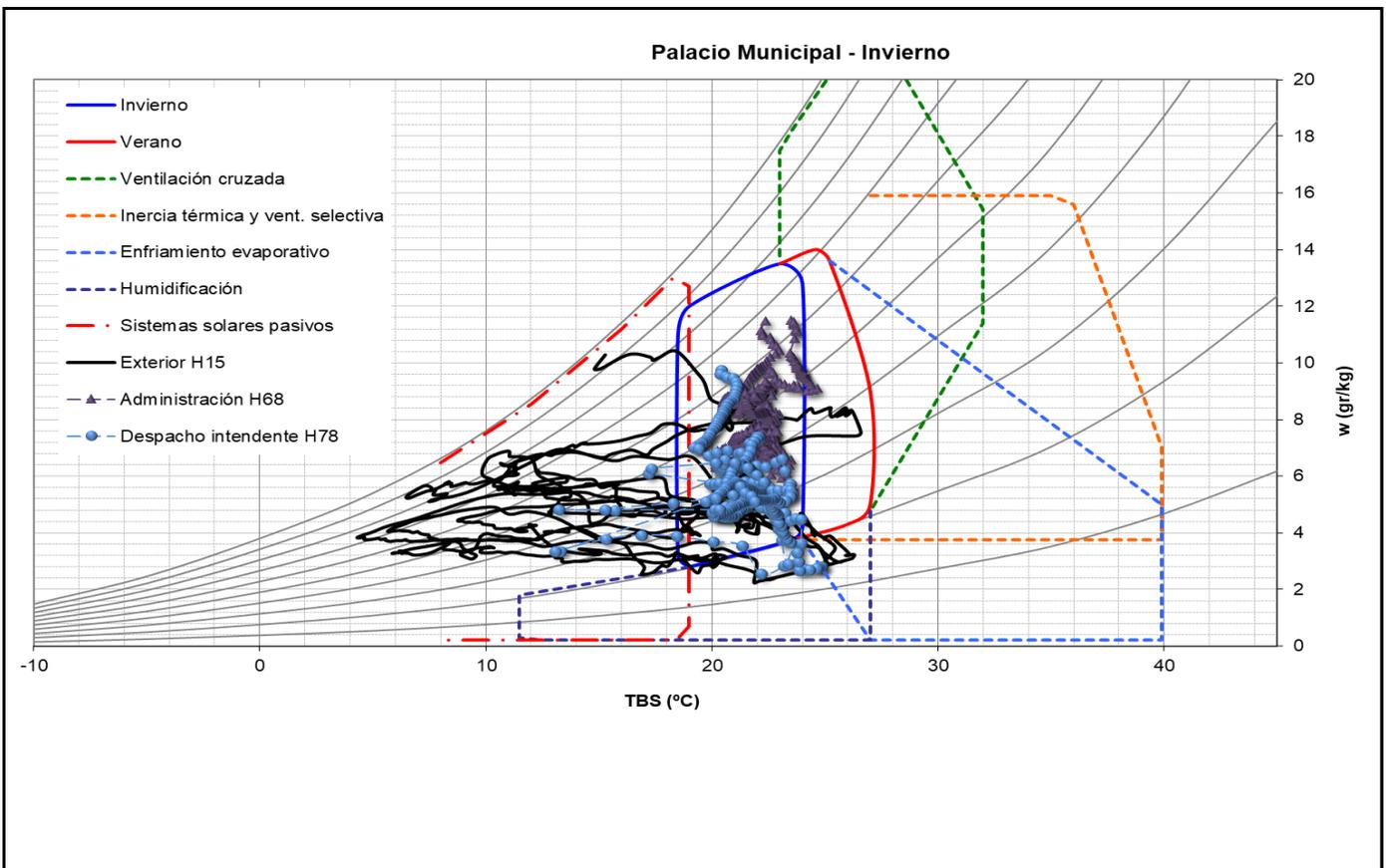
 MUNICIPIO Camilo Aldao, Provincia de Córdoba
 EDIFICIO Palacio Comunal

SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H15

Hobo interior: H68


 Lectura: 30/09/2021 13:00
 13/10/2021 11:00
 T [°C] Prom: 16,28
 HR [%] Prom: 54,25

 Lectura: 30/09/2021 13:00
 13/10/2021 11:00
 T [°C] Prom: 21,95
 HR [%] Prom: 46,91

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO


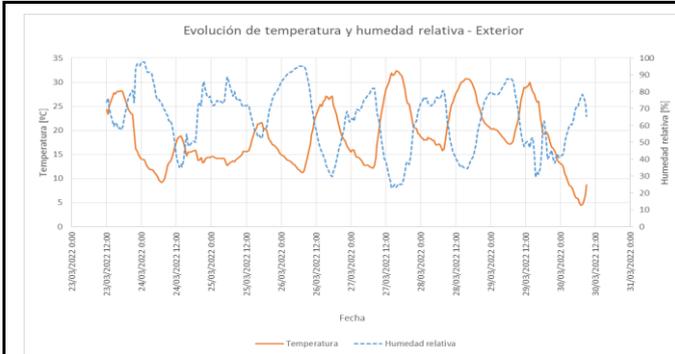
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Camilo Aldao, Provincia de Córdoba
 EDIFICIO Palacio Comunal

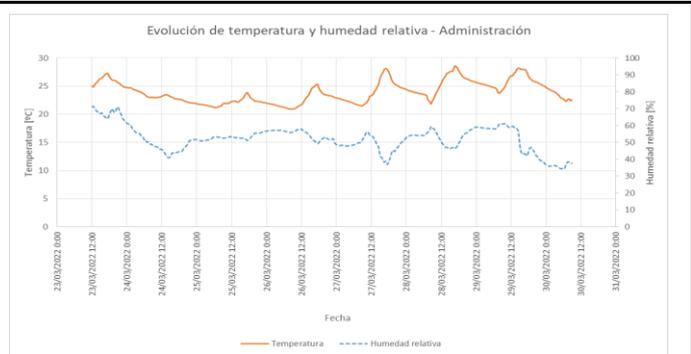
SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H14

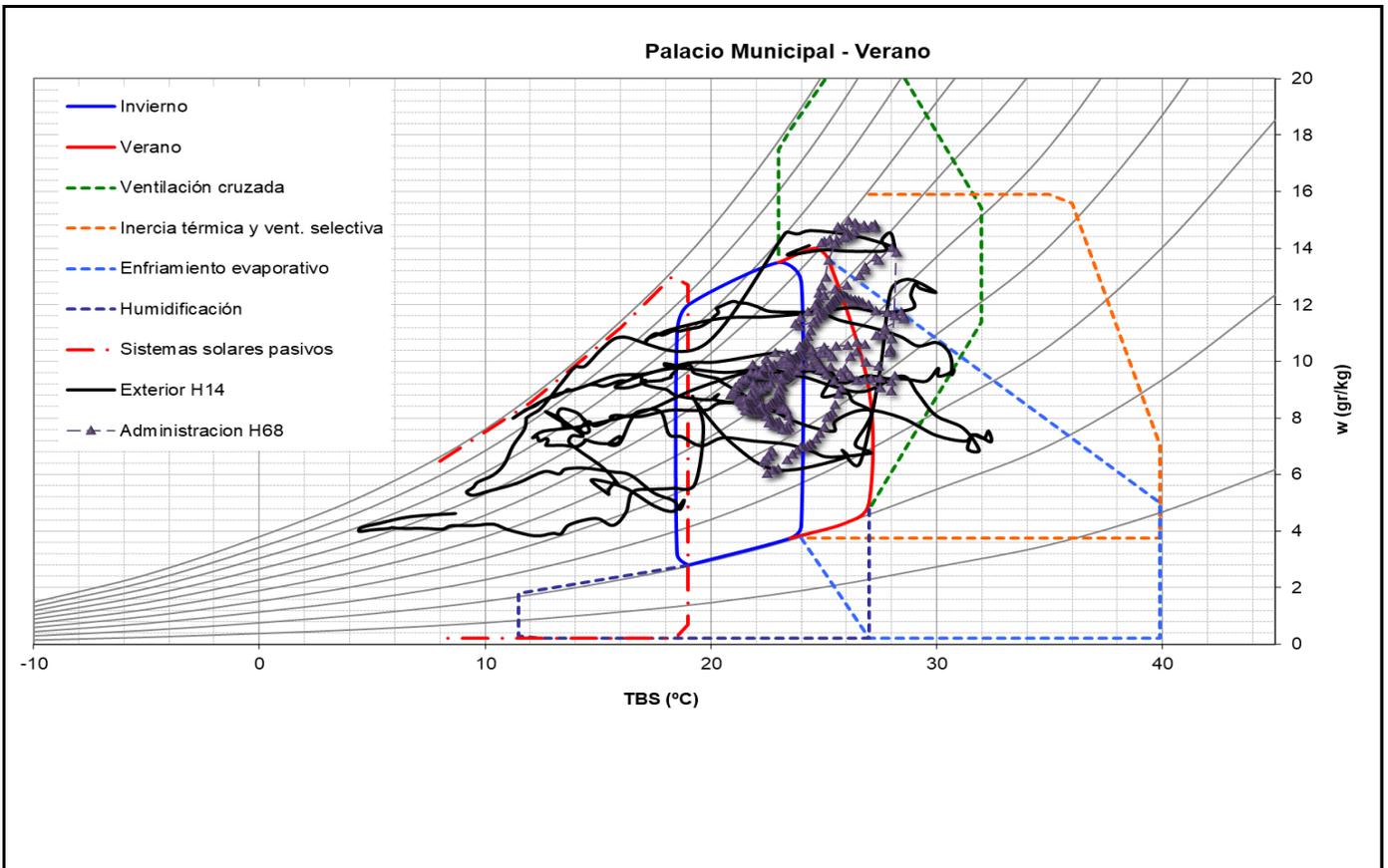
Hobo interior: H68



Lectura: 23/03/2022 12:00
 30/03/2022 9:00
 T [°C] Prom: 18,81
 HR [%] Prom: 63,90



Lectura: 23/03/2022 12:00
 30/03/2022 9:00
 T [°C] Prom: 23,94
 HR [%] Prom: 52,07

SITUACIÓN DE CONFORT HIJROTÉRMICO EN VERANO


REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Palacio Municipal

Localidad: Camilo Aldao, Córdoba.

El Palacio Municipal de Camilo Aldao fue construido en los `70 del sXX, remodelado en 1985 y rehabilitado en 2019. La última rehabilitación incorporó mejoras en eficiencia energética como pintura clara en azotea, reparación del lucernario, cambios de luminarias a LED, cambio de equipamiento y climatización a productos etiquetados, mejoras en operación de ofimática entre muchas otras medidas positivas. Pero no se mejoraron vidriados, ni se previeron protecciones solares en aberturas, ni aislamiento en muros ni techos.

La mayor inversión fue en un generador solar fotovoltaico y un calentador solar de agua que prácticamente reducen a un mínimo las facturadas de energía la mitad del año. Cuando se encienden los equipos de climatización el consumo supera lo que se genera.

El edificio está compuesto por cerramientos opacos en ladrillos comunes de 30 cm revocados en ambas caras y un $K= 1.88 \text{ W/m}^2\text{K}$. Los techos son de losa de bovedillas cerámicas y H°A° con un grueso contrapiso de pendiente y terminación con ladrillos planos pintados de blanco. Una gran masa térmica en esa superficie de cerramiento. El cielorraso aplicado y tiene un $K= 1.62 \text{ W/m}^2\text{K}$. Todas las carpinterías de puertas y ventanas son de metal con vidriado sencillo de seguridad de 3+3 mm sin protección solar o de seguridad y un $K= 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$. Las renovaciones de aire se fijan en 2 (IRAM 11604). Por cuestiones de salubridad interior no se recomienda reducir este valor.

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 más próxima que resulta ser la Ciudad de Rosario (Santa Fe) distante 164 km entre centros urbanos. Están prácticamente en la misma latitud y manteniéndose en la misma región bioambiental templada cálida, solo cambian de subzona B (húmeda) a A (de transición). Los datos fueron tomados de la Norma IRAM 11900/18 que muestra datos mensuales de temperaturas medias (°C) y radiación solar media (W/m^2)

		Radiación solar media mensual (W/m^2)								
		90°								
Mes	TBS°C	O°	NORTE	ESTE	OESTE	SUR	NE	NO	SE	SO
Enero	28,4	335	106	203	181	95	170	154	162	147
Febrero	25,3	271	123	151	155	66	150	152	108	113
Marzo	23,6	208	146	112	131	51	135	152	72	82
Abril	18,3	169	176	97	116	40	141	161	52	58
Mayo	14	112	156	67	75	29	118	128	33	34
Junio	12,7	81	120	46	56	22	86	100	23	24
Julio	14,8	118	179	73	83	28	133	145	32	33
Agosto	15,9	169	209	101	116	37	162	179	48	51
Septiembre	16,3	195	162	107	133	45	137	165	63	73
Octubre	19,6	265	140	149	158	58	157	164	100	105
Noviembre	23,1	322	115	179	175	81	162	158	137	135
Diciembre	28,1	347	99	193	193	102	159	156	159	160
TOTAL anual	20,0	2592	1731	1478	1572	654	1710	1814	989	1015

Tabla 1: Datos mensuales de temperaturas medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Rosario (Santa Fe). Lat: -32.982, Long: -60.730

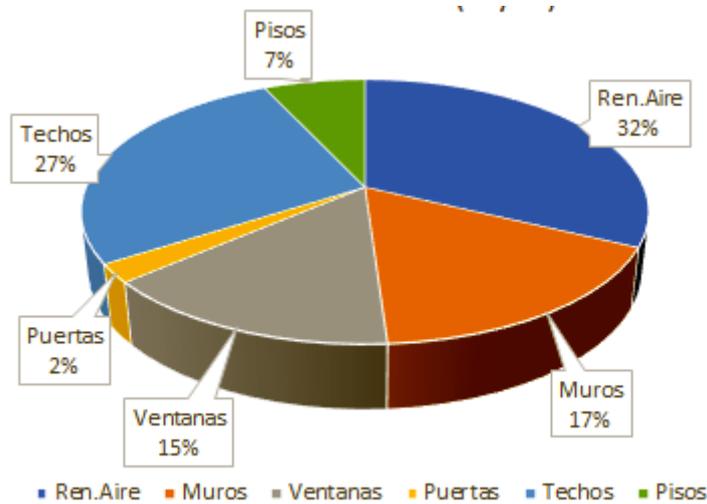


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

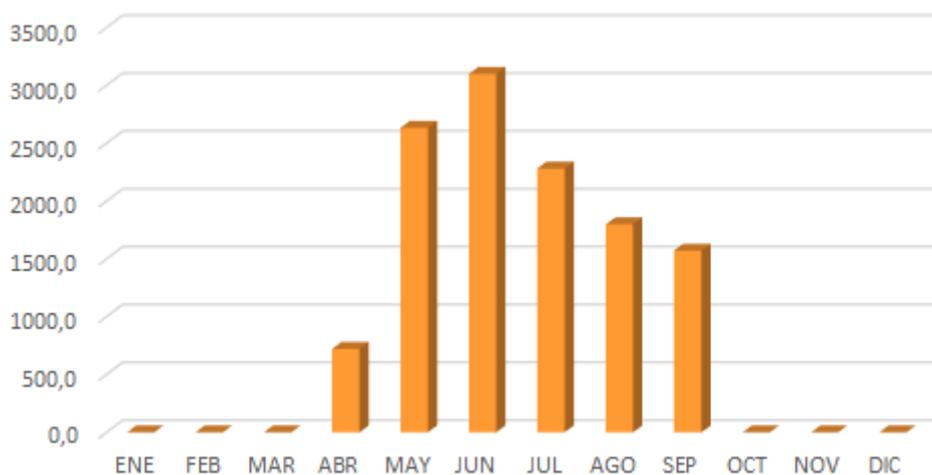


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

ASPECTOS DIMENSIONALES		
Superficie habitable	297,05	m2
Volumen habitable	831,74	m3
Indice Compacidad Co	0,58	adim
Factor de forma f	0,62	adim
Factor de exposición Fe	0,97	adim
Altura media de locales	2,80	m
Superficie envolvente	501,52	m2
Superficie protegida	41,16	m2

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 2,18 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 4,13 W/m² que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **12105,42 kWh/año** y 41,69 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

Demanda calefacción (kWh/año)	D _{Acal} (kWh/m ²)
12105,42	41,69

A fin de definir estrategias de rehabilitación se analizan las pérdidas y se encuentra que es factible intervenir los techos (27%), muros (17%) y vidriados (15%), según Figura 1, a fin de lograr mejoras en la demanda de energía.

2. INVIERNO - PROPUESTA MEJORADA:

- Aislamiento en muros tipo EIFS (External Insulation Finish System) con 4/5 cm de EPS de 30kg/m³ y base coat reforzado con doble malla Fibra Vidrio 10x10 de 110g/m² hasta 1,5 m de altura.
- En cubiertas implementar la solución “techo invertido” colocando una capa de 8 cm de EPS de 30kg/m³ sobre la losa recubierto con un geotextil ligero y 6 cm de arcilla expandida. A fin de lograr un $K = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- La intervención más costosa es en vidriados, sea en aislamiento, como en protección solar. Una variante costosa es el cambio de todas las aberturas o al menos hojas móviles que permitan usar DVH y algo menos costoso, agregar un nuevo vidrio pegado con sellador y un perfil S de aluminio. En los vidriados fijos reemplazarlos por DVH.
- Dado que ya se cambiaron las luminarias a LED no se sugieren mejoras adicionales.
- Si se desea reducir a casi cero la demanda de energía en climatización, se sugiere el uso de una bomba de calor con sonda geotérmica, accionada por el generador solar.

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 44.37%. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas G_{cal} (IRAM 11604) de 1.21 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 1.43 W/m² que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **6734,71 kWh/año** y 23,2 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

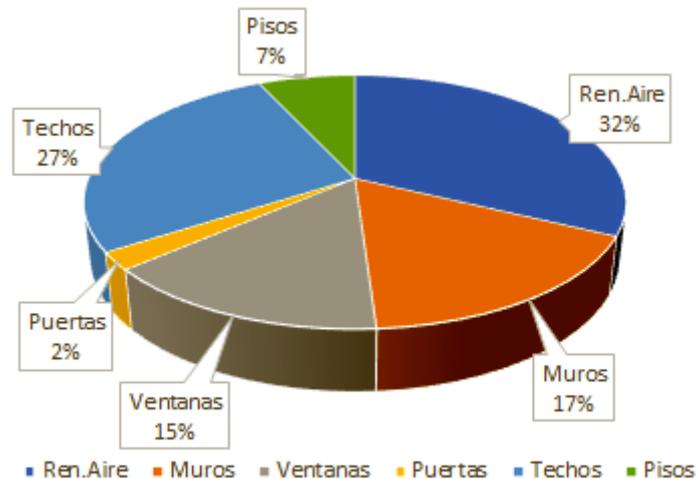


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada

Demanda anual calef (kWh)	D _{Acal} (kWh/m ²)
6734,71	23,20

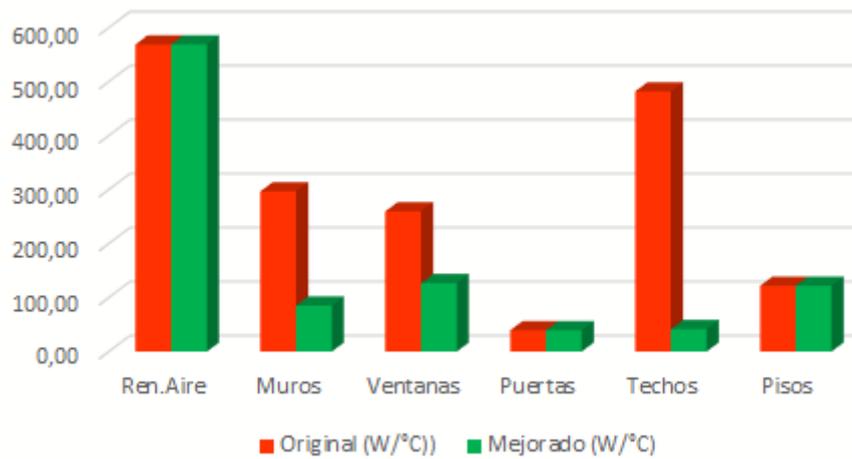


Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

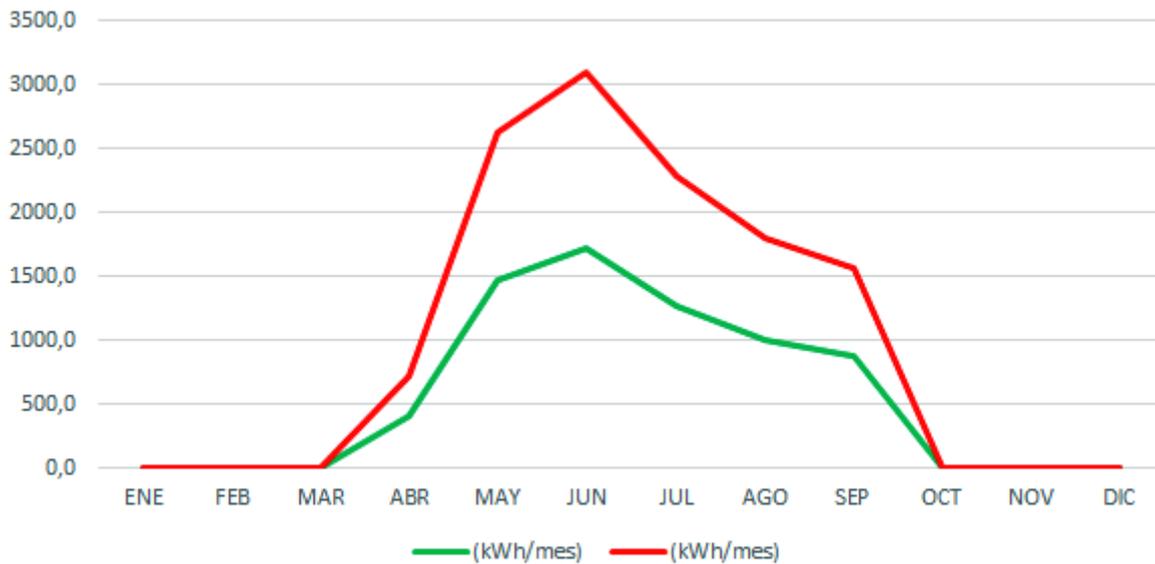


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

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. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 44.37%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

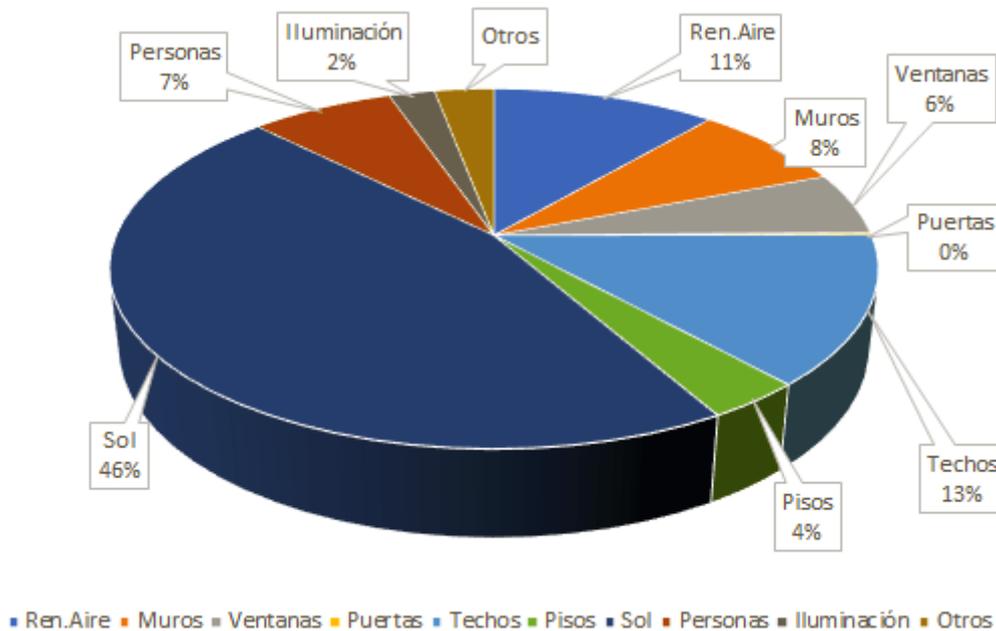


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 46%, los techos con el 13%, los muros con un 8%, y las ventanas con un 6%. En la condición de invierno se propuso mejoras en estos, pero es importante la protección solar. 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 es posible modificar aporte de personas, iluminación o renovaciones de aire al ser un edificio de apoyo a jóvenes.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gref (IRAM 11659) de 123,79 W/m³ que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **51734,36 kWh/año** y 178,2 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

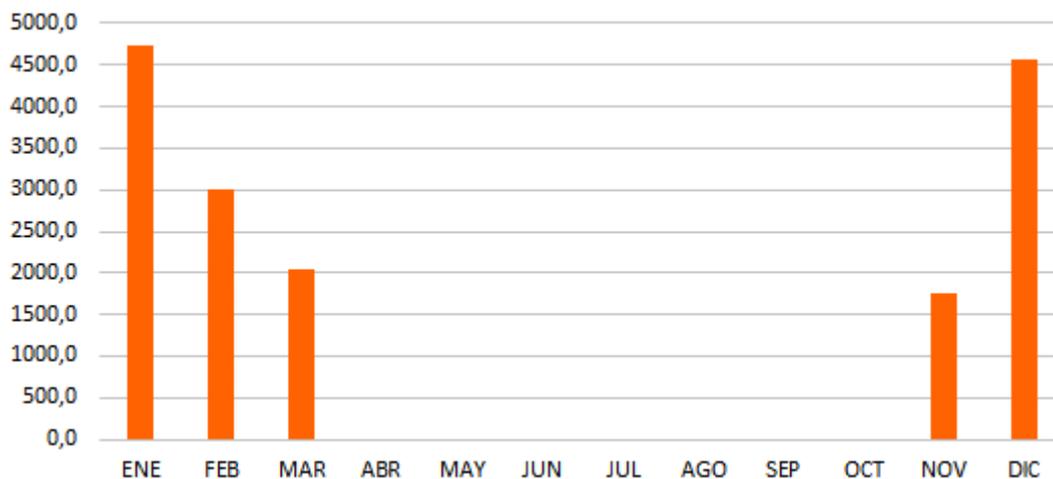


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración.

5. VERANO - PROPUESTA MEJORADA:

Se mantienen las mejoras propuestas para el invierno solo agregando una protección solar en las aberturas que lo requieran. Las que dan al norte y Oeste son las más afectadas y requerirían DVH con vidrio exterior templado coloreado en su masa y cortinas exteriores accionadas eléctricamente por un accionador automático que sense la radiación solar. Se busca que los vidriados tengan un FES = 0.18 (IRAM 11659-1).

La figura 8 muestra la importante 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 **61,73%** 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.

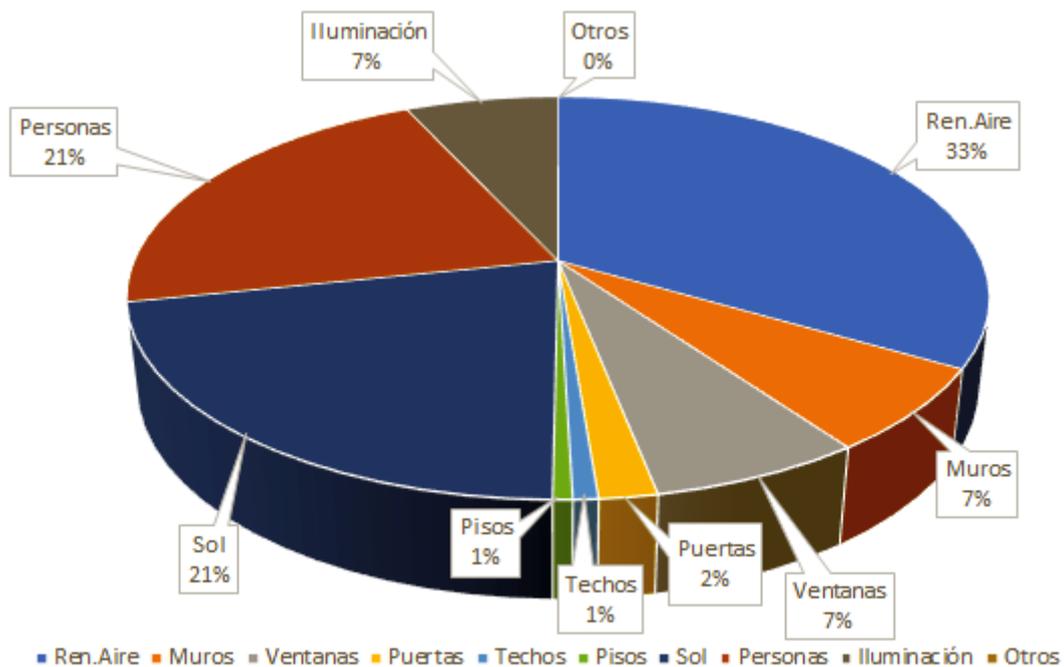


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gref (IRAM 11659) de 44,37 W/m³ que resulta en una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **41939,82 kWh/año** y 144,4 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

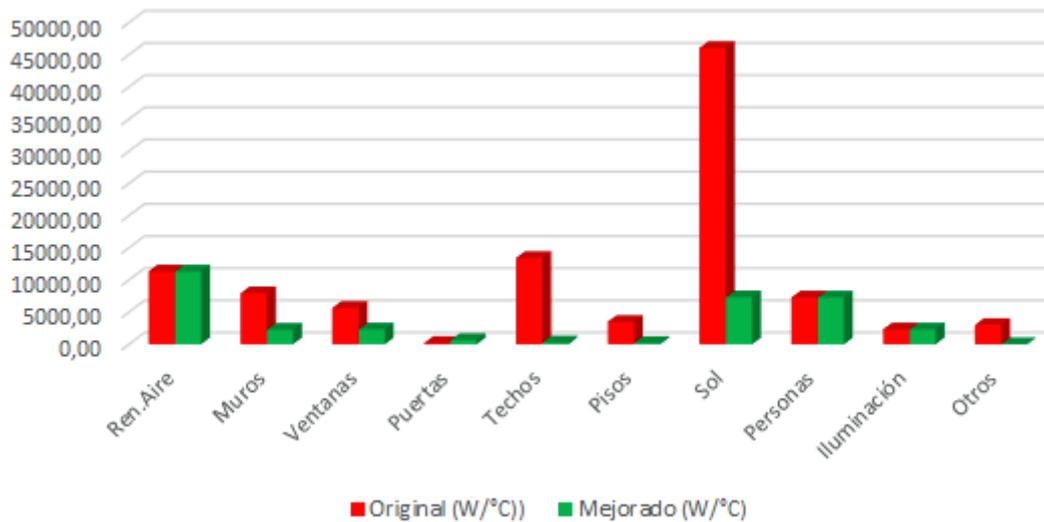


Figura 9: Comparación de edificio original y mejorado. Situación verano.

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.

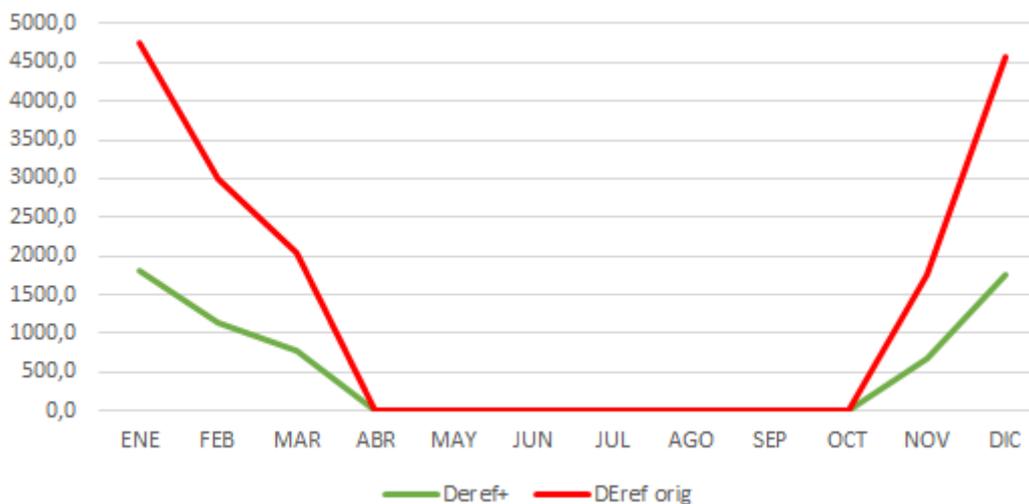


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

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 unos 45,72% 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 97,15 kWh/m²año a 44,42 kWh/m²año.

Mes	0 DMEcal (Wh/mes)	DAEcal+ (kWh/mes)	DEcal orig (kWh/mes)	DMEref (Wh/mes)	Deref+ (kWh/mes)	DEref orig (kWh/mes)
ENE	0,0	0,0	0,0	1816275,7	1816,3	4746,1
FEB	0,0	0,0	0,0	1145983,5	1146,0	2994,6
MAR	0,0	0,0	0,0	778403,9	778,4	2034,0
ABR	401578,5	401,6	721,8	0,0	0,0	0,0
MAY	1464580,4	1464,6	2632,5	0,0	0,0	0,0
JUN	1724425,3	1724,4	3099,6	0,0	0,0	0,0
JUL	1269303,0	1269,3	2281,5	0,0	0,0	0,0
AGO	1000796,6	1000,8	1798,9	0,0	0,0	0,0
SEP	874023,8	874,0	1571,0	0,0	0,0	0,0
OCT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NOV	0,0	0,0	0,0	670292,2	670,3	1751,5
DIC	0,0	0,0	0,0	1751408,8	1751,4	4576,6
ANUAL	6734707,5	6734,7	12105,4	6162364,1	6162,4	16102,8
Reducción demanda EE		44,37	%		61,73	%
Total climatización anual sin mejoras			28208,24 kWh/año			97,15 kWh/m2año
Total climatización anual con mejoras			12897,07 kWh/año			44,42 kWh/m2año
			45,72 %			

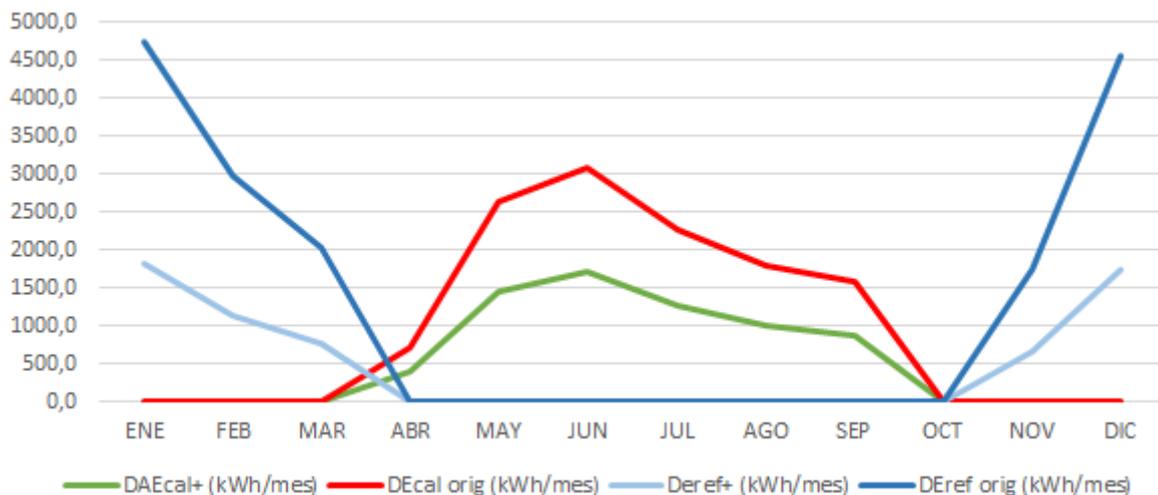


Figura 11: Comparación anual caso «Palacio Municipal» en Camilo Aldao, Córdoba.

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