

INFORME TÉCNICO

Caso: Hospital
Municipio: Camilo Aldao
Provincia: Córdoba



Fuente: Propia, 2021

La Plata, marzo 2023

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
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: Hospital, Camilo Aldao, Córdoba.

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Catamarca 1300, entre General Paz y Mendoza (Lat -33.122219; Long -62.0987) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Se encuentra a 322 km de la ciudad de Córdoba en la misma zona bioambiental y de esta se toman los datos climáticos. Su construcción es de mediados del siglo pasado y ha sufrido numerosas renovaciones encontrándose en buen estado. Está implantado en una manzana junto al asilo de ancianos. El frente principal da al sur y el frente de ingreso de emergencias da al este. La edificación es una sumatoria de edificios unidos por corredores construidos y remodelados a lo largo de 60. Tiene una superficie habitable de 844,31m² y un volumen a climatizar de 2532,93m³ con una altura media de locales de 3,00m.

Según sectores está materializado con muros de ladrillos huecos de 18cm revocados en ambas caras ($R= 0.48$ m²K/W y $K= 2.10$ W/m²K) o de muros de ladrillos macizos de 30cm, revocados en ambas caras ($R= 0.53$ m²K/W y $K= 1.88$ W/m²K), el techo es de losa de H°A° con contrapiso de pendiente membrana hidráulica y terminación de ladrillos ($R= 0.62$ m²K/W y $K= 1.62$ W/m²K). 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 y de madera con protección de cortinas de enrollar ($R= 0.17$ m²K/W y $K= 5.86$ W/m²K). Los solados son mixtos de cerámicas esmaltadas sobre contrapiso de hormigón pobre o baldosas calcáreas ($R= 0.83$ m²K/W y $K= 1.20$ W/m²K).

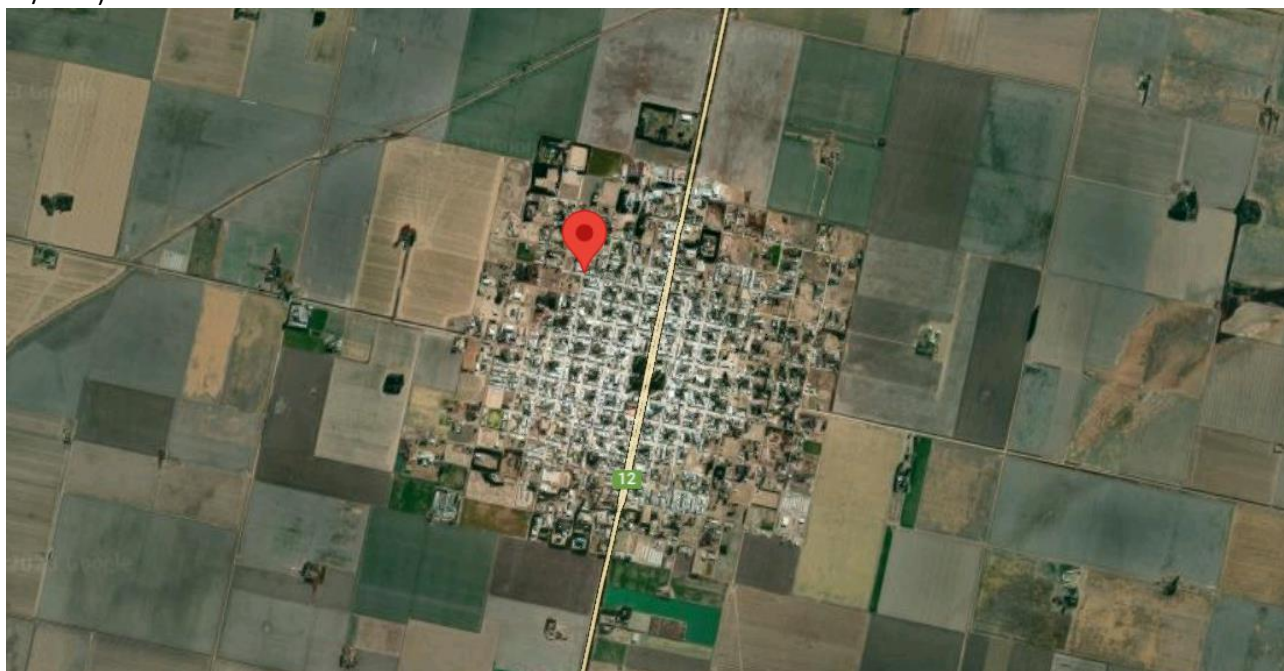


Figura 1: Implantación del Hospital en le estructura urbana. Fuente: Google Maps.

Posee buena iluminación natural y el sistema de alumbrado interior es tipo LED de reciente rehabilitación. El sistema de climatización es mediante equipos de aire acondicionado frío/calor, ubicados en los ambientes principales. El de calefacción mediante calefactores a gas natural.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción convencional en la región, de baja eficiencia energética en su envolvente. El

personal manifiesta que es algo caliente en los meses de verano y algo frío en los meses de invierno. El diagnóstico energético muestra que en la condición actual el edificio requiere 68147,21 kWh/año en calefacción y 90287,55 kWh/año en refrigeración y con todas las medidas de rehabilitación podría reducirse a 36402,14 kWh/año y 48710,38 kWh/año respectivamente. Implica una reducción en la demanda de 46,58 % en calefacción y 46,05 % en refrigeración. Así tendríamos como indicador de comparación en calefacción 43,11 kWh/m².año y 57,69 kWh/m².año en refrigeración con un total de 100,81 kWh/m².año. Sencillo de reducir con medidas pasivas de eficiencia energética. Solo queda apelar a medidas activas combinando energías renovables con sistema de climatización muy eficiente como aerotermia.

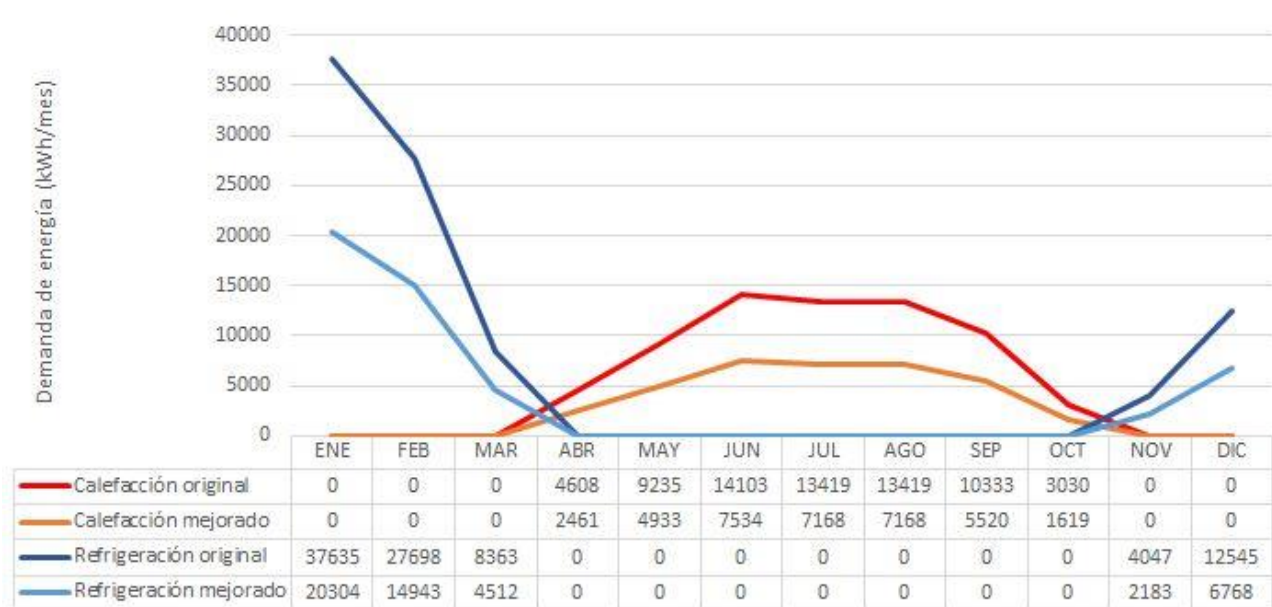


Figura 1: Comparación de demandas de energía en climatización mensual original y con mejoras.

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) instalar un "techo invertido" con placas de EPS extruidas para losas, cubiertas con arcilla expandida;
- 3) En muros aislar con EIFS/SATE de 4 o 5 cm de EPS de 30Kg/m³ en la cara opaca exterior.
- 4) La medida quizá más costosa sea cambiar las carpinterías de ventanas por otras de PVC con DVH junto a persianas metálicas exteriores automatizadas.

Dado que a pesar de estas medidas el edificio seguirá demandando energía se sugiere actualizar los equipos de climatización con un sistema por aerotermia alimentado por un generador fotovoltaico instalado en los techos que además brindará protección solar adicional a estos en los calurosos meses de verano.

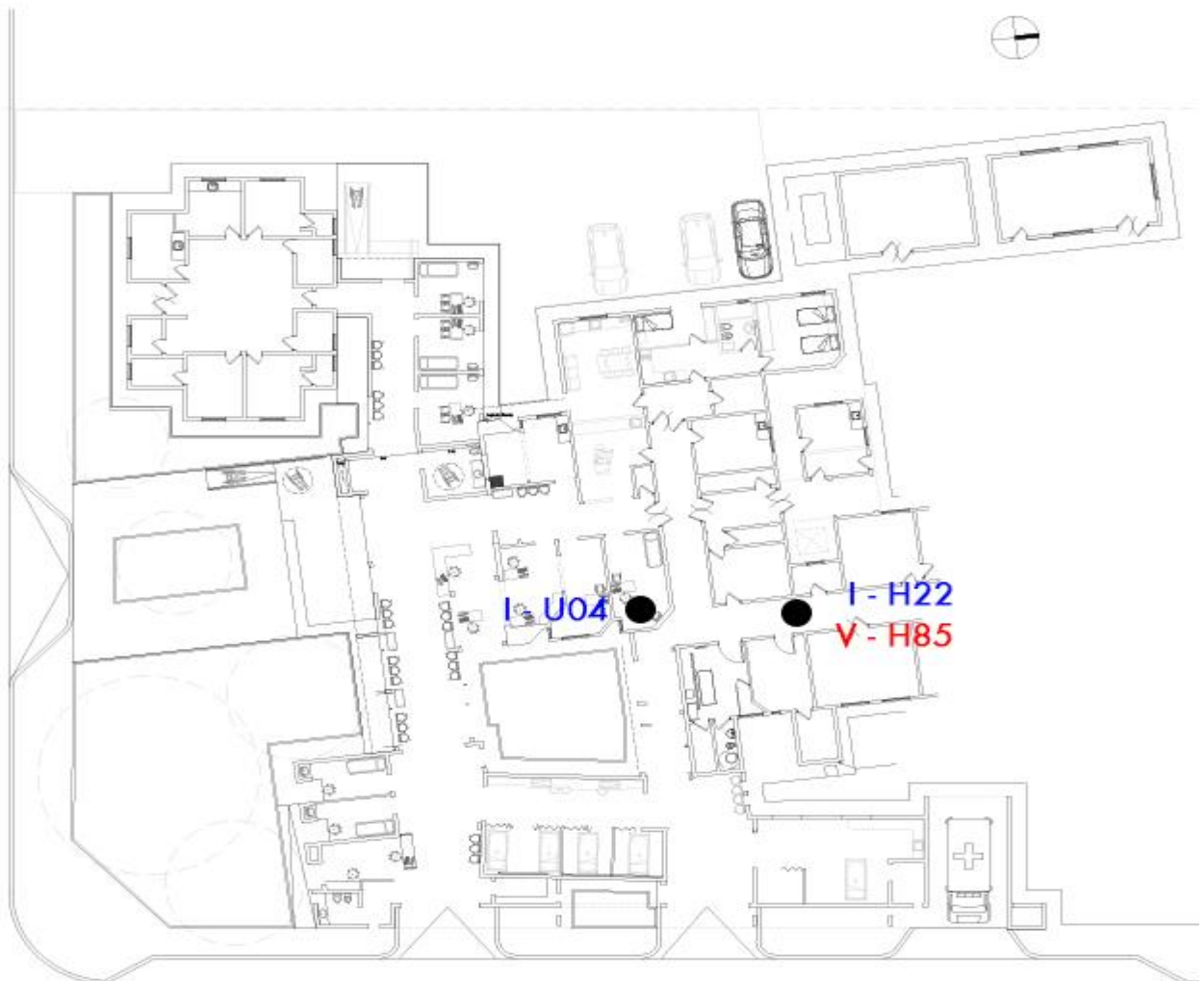
Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO	Camino Aldao, Provincia de Crdoba
EDIFICIO	Hospital municipal "Dr Miguel Ángel Baeza"
DIRECCIÓN	Catamarca 1300
FECHA VISITA 1	29/09/2021 al 03/10/2021
FECHA VISITA 2	23/03/2022 al 30/03/2022

Implantación

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

PLANO DEL EDIFICIO CON UBICACIÓN DE HOBOS

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Camino Aldao, Provincia de Crdoba
EDIFICIO Hospital municipal "Dr Miguel Ángel Baeza"

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Membrana asfáltica, espesor 2cm
Contrapiso de Hormigón, espesor 5cm pendiente 2%
Losa de Hormigón armado, espesor 12cm
Cielorraso de yeso, espesor 15mm

Losa de Hormigón armado con
cielorraso de yeso

Muros

Revoque fino y grueso, espesor 2cm
Ladrillo cerámico hueco de 18x18x33cm
Mortero de cemento, espesor 2cm

Ladrillos cerámicos huecos de 18cm
con revoque interior y exterior

Piso

Piso cerámico de 30x30cm
Carpeta de cemento, espesor 2cm
Contrapiso de Hormigón, espesor 15cm

Baldosas cerámicas de 30x30cm

Carpintería Marcos de aluminio con buretes, vidrio simple
Instalaciones térmicas Estufas de tiro balanceado y aires acondicionados
Instalaciones lumínicas Tubos y luces led

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable 844,31 m²
Volumen habitable 2532,93 m³
Compacidad -Co- 1,03 -
Factor de forma -f- 1,03 -
Factor de exposición -fe- 0,96 -
Altura media de locales -h- 3 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda calefacción anual /m2 80,71 kWhm²/año
Demanda refrigeración anual /m2 106,94 kWhm²/año
Coeficiente global de pérdidas Gcal 2,30 W/m³.K
Coeficiente de pérdidas Scal 4,79 W/m².K

Pérdidas por envolvente calefacción	Techos	1823,53 W/K
	Muros	943,68 W/K
	Aberturas	917,61 W/K
	Pisos	360,30 W/K
	Renovación de aire	1773,05 W/K

Necesidad de energía por balance 158434,76 kWh/año
Aporte de energía según mediciones kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas %

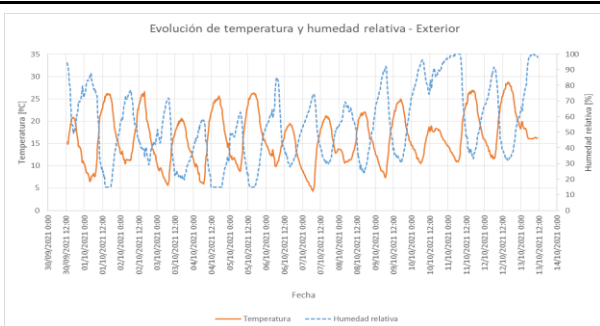
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Camino Aldao, Provincia de Córdoba
 EDIFICIO Hospital municipal "Dr Miguel Ángel Baeza"

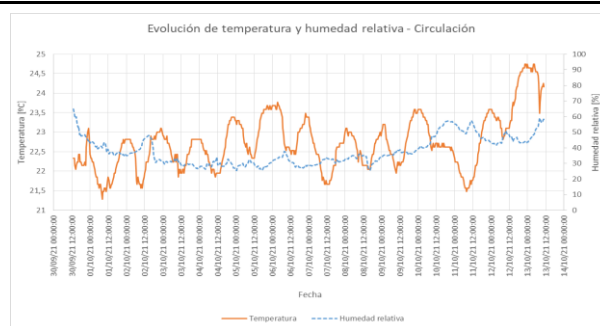
SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H15 - Hobo en el Palacio Municipal

Hobo interior: H22

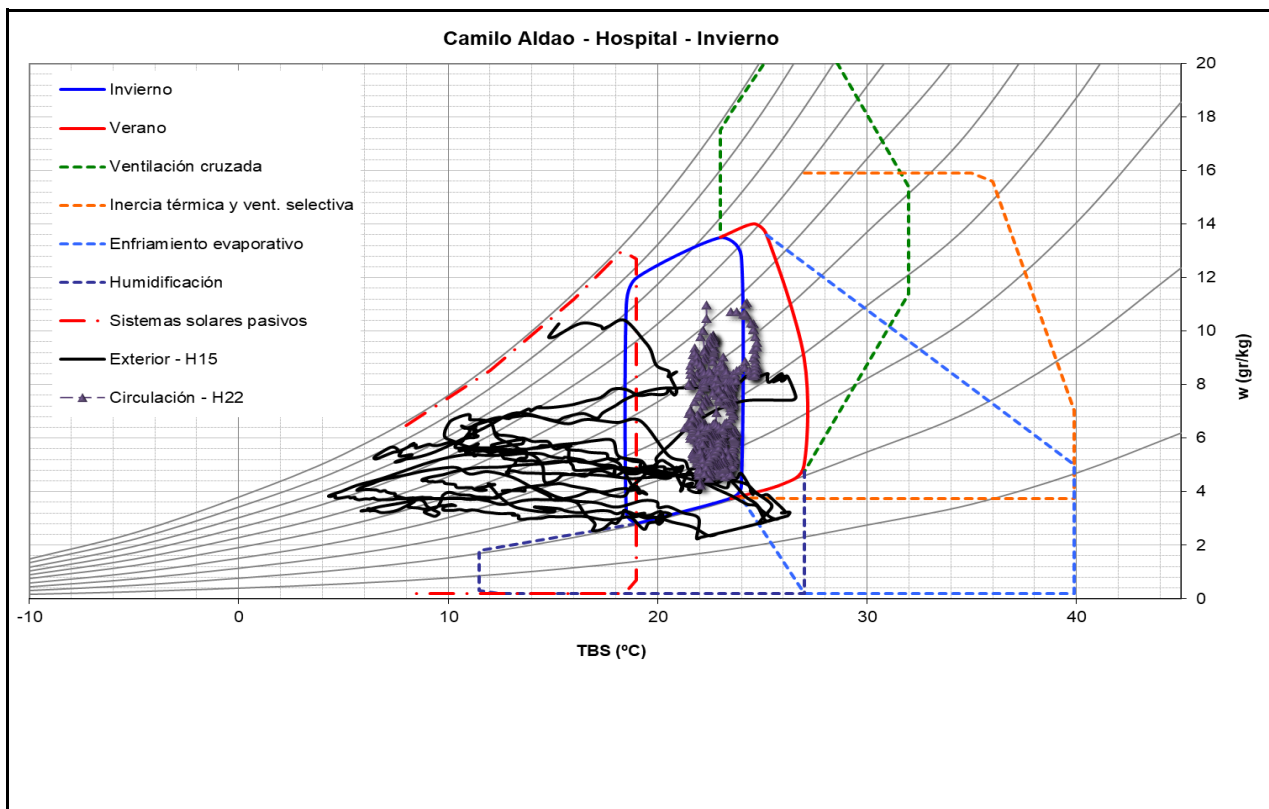


Lectura: 30/9/2021 13:00
 13/10/2021 11:00
 T [°C] Prom: 16,28
 HR [%] Prom: 54,25



Lectura: 30/9/2021 13:00
 13/10/2021 11:00
 T [°C] Prom: 22,74
 HR [%] Prom: 37,76

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO



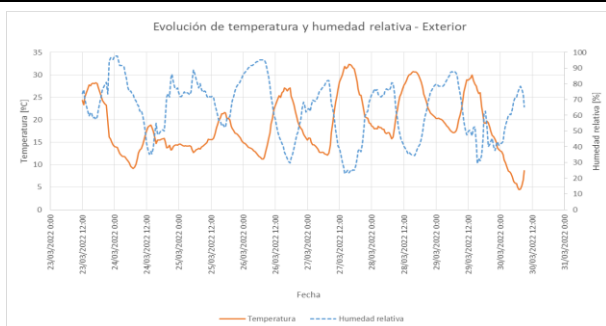
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Camino Aldao, Provincia de Crdoaba
 EDIFICIO Hospital municipal "Dr Miguel Ángel Baeza"

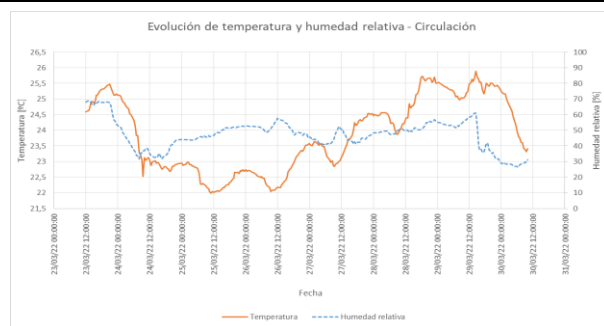
SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H14 - Hobo en el Palacio Municipal

Hobo interior: H85



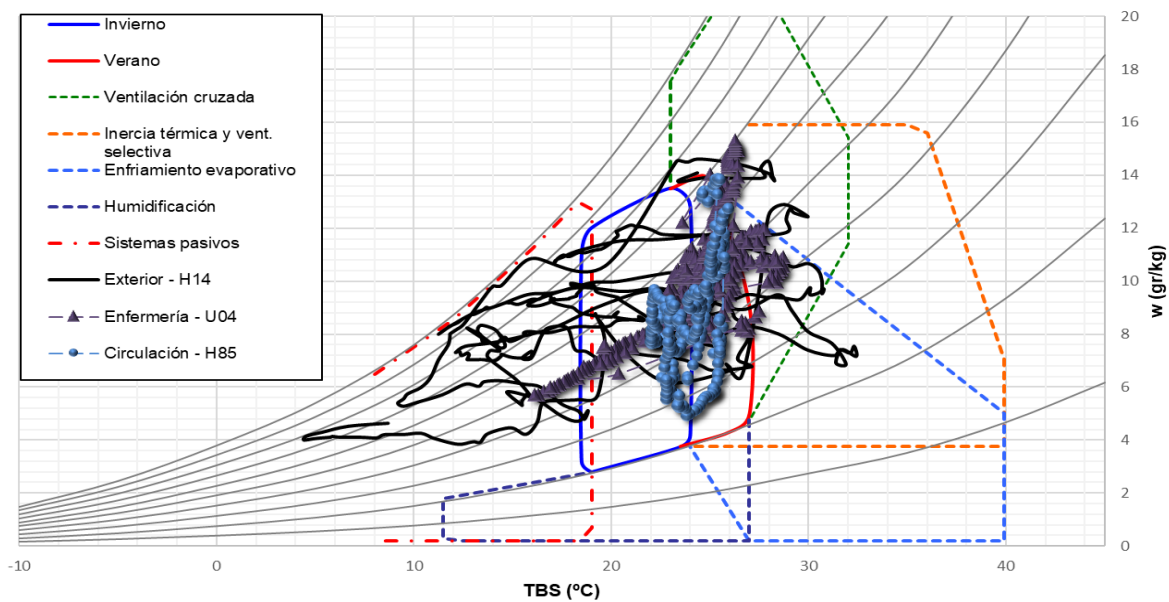
Lectura: 23/3/2022 12:00
 30/3/2022 09:00
 T [°C] Prom: 18,81
 HR [%] Prom: 63,90



Lectura: 23/3/2022 12:00
 30/3/2022 10:00
 T [°C] Prom: 23,87
 HR [%] Prom: 47,16

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO
Camilo Aldao - Hospital - Verano

- Invierno
- Verano
- - - Ventilación cruzada
- - - Inercia térmica y vent. selectiva
- - - Enfriamiento evaporativo
- - - Humidificación
- - - Sistemas pasivos
- Exterior - H14
- ▲ - Enfermería - U04
- ● - Circulación - H85



REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Hospital.

Localidad: Camilo Aldao, Córdoba.

El edificio se encuentra localizado en calle Catamarca 1300, entre General Paz y Mendoza (Lat -33.122219; Long -62.0987) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Se encuentra a 322 km de la ciudad de Córdoba en la misma zona bioambiental y de esta se toman los datos climáticos. Su construcción es de mediados del siglo pasado y ha sufrido numerosas renovaciones encontrándose en buen estado. Está implantado en una manzana junto al asilo de ancianos. El frente principal da al sur y el frente de ingreso de emergencias da al este. La edificación es una sumatoria de edificios unidos por corredores construidos y remodelados a lo largo de 60. Tiene una superficie habitable de 844,31m² y un volumen a climatizar de 2532,93m³ con una altura media de locales de 3,00m.

Según sectores está materializado con muros de ladrillos huecos de 18cm revocados en ambas caras ($R= 0.48 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 2.10 \text{ W/m}^2\text{K}$) o de muros de ladrillos macizos de 30cm, revocados en ambas caras ($R= 0.53 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.88 \text{ W/m}^2\text{K}$), el techo es de losa de H°A° con contrapiso de pendiente membrana hidráulica y terminación de ladrillos ($R= 0.62 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.62 \text{ W/m}^2\text{K}$). 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 y de madera con protección de cortinas de enrollar ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ 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 $K= 1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$).

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 $Car= 15 \text{ m}^3/\text{h.persona}$ (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 Rosario (Santa Fe). 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). Los valores medios mensuales de humedad relativa se tomaron de: <http://arquinstal.com.ar/atlas.html> que muestra información del Servicio Meteorológico Nacional.

Municipio	Camilo Aldao, Provincia de Córdoba													
Edificio	Hospital													
Localidad más cercana en la base de datos:	Cordoba - Prov. De Córdoba													
Mes ()	Días ()	Tm (°C)	Tdc-Tm (°C)	Tm-Tdr (°C)	HR (%)	Radiación solar media mensual								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur (W/m^2)	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
Enero	31	25,4	0	5,4	61	331	91	101	154	182	143	176	151	243
Febrero	28	24,4	0	4,4	62	303	71	131	162	167	122	171	167	238
Marzo	31	21,2	0	1,2	69	228	51	159	160	137	80	131	156	215
Abril	30	16,7	3,3	0	69	189	44	190	169	122	60	114	160	183
Mayo	31	13,6	6,4	0	69	139	35	186	150	89	40	85	145	150
Junio	30	9,9	10,1	0	67	126	30	197	157	86	33	77	146	125
Julio	31	10,7	9,3	0	63	149	33	225	179	101	38	94	170	132
Agosto	31	10,7	9,3	0	51	177	40	212	181	118	51	107	168	139
Septiembre	30	12,6	7,4	0	51	230	48	185	183	148	75	133	169	161
Octubre	31	17,9	2,1	0	59	264	59	142	168	161	96	142	153	196
Noviembre	30	20,6	0	0,6	58	319	80	108	155	176	134	174	156	219
Diciembre	31	21,8	0	1,8	60	321	98	89	147	183	147	174	141	233
Anual	365	17,1	47,9	13,4	62	2776	680	1925	1965	1670	1019	1578	1882	2234

Tabla 1: Datos mensuales de temperaturas medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Córdoba (Córdoba). Lat: -31.4166, Long: -64.1836

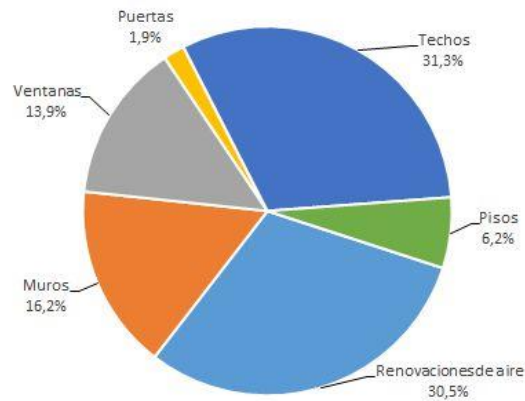


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

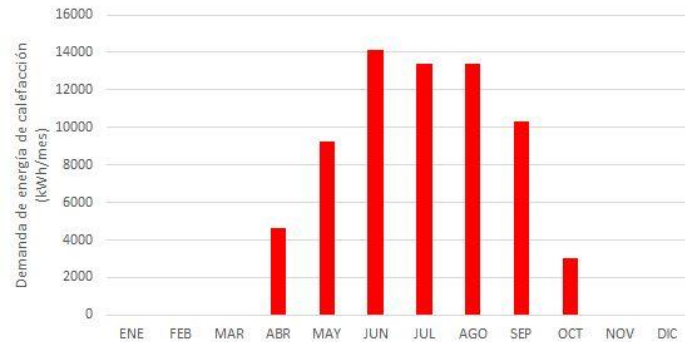


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales	
Superficie habitable	844,31 m ²
Volumen habitable	2532,93 m ³
Indice Compacidad Co	1,03 adim
Factor de forma f	0,33 adim
Factor de exposición Fe	0,96 adim
Altura media de locales	3,00 m
Superficie envolvente	816,12 m ²
Superficie expuesta	783,27 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 2,30 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 6.89 W/m²K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **68147,21 kWh/año** y 80,71 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 (31,3%), muros (16,2%) y vidriados (15,8%, 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. (Km₁= 0.51 W/m²K)
- En techos de chapa, dos opciones: a. aplicar un rociado de 50mm de PUR en el exterior y terminarlo con pintura blanca refractante de base acrílica o b. incorporar un nuevo cielorraso con 100 mm de lana de

vidrio tipo Rolac plata. ($Kt_1 = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- c. En techos de losa de H°A° implementar un “techo invertido” con placas tipo “Mastriplact” y terminación con arcilla expandida de 50/70 mm espesor. ($Kt_2 = 0.56 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- d. 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. Similar situación en los grandes vidriados de los ingresos al edificio cambiando el cristal templado con marcos que soporten DVH. ($Kv_1 = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- e. Por la complejidad no se prevé mejoras en pisos. ($Kp = 1.34 \text{ W/m}^2\text{K}$)

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 46,58 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas G_{cal} (IRAM 11604) de $1.23 \text{ W/m}^3\text{K}$ y un Coeficiente de pérdidas unitarias $3,68 \text{ W/m}^2$ que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **36402,14 kWh/año** y $43,11 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, para una temperatura base de calefacción de 20°C .

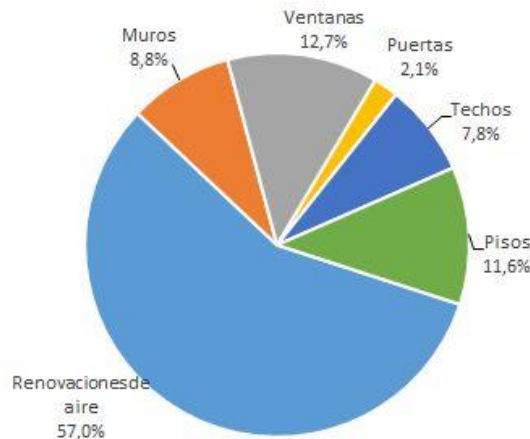


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada



Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

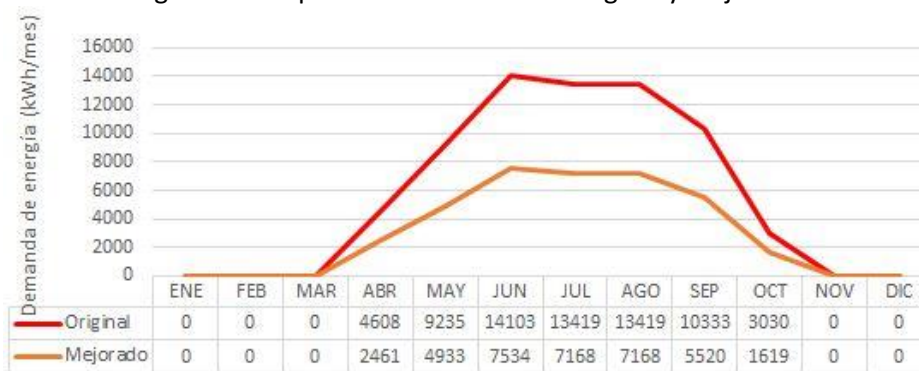


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

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 viene siendo cambiada de fluorescente a LED. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 46,58%. 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 77%, los techos con el 6,5%, los muros con un 3,4%, y las ventanas con un 2,9%. 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 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.

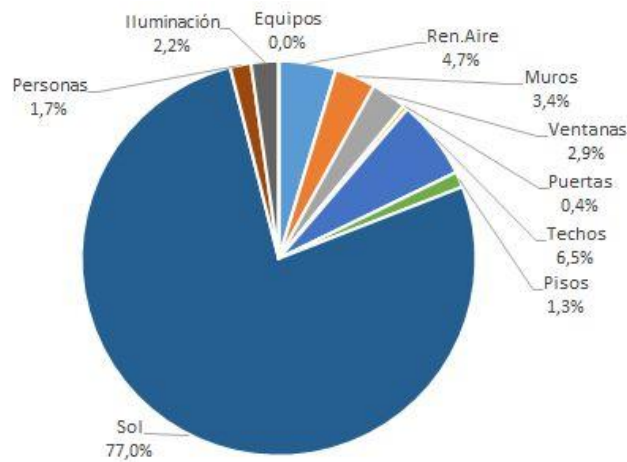


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **90287,55 kWh/año** y 106,94 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

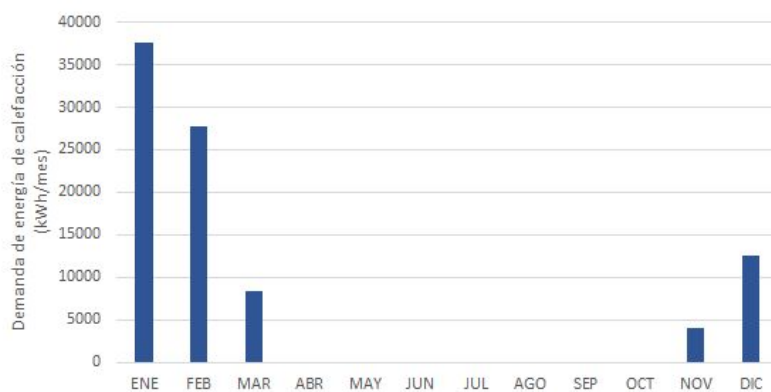


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

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 **46,05%** 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 **48710,38 kWh/año** y 57,69 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.

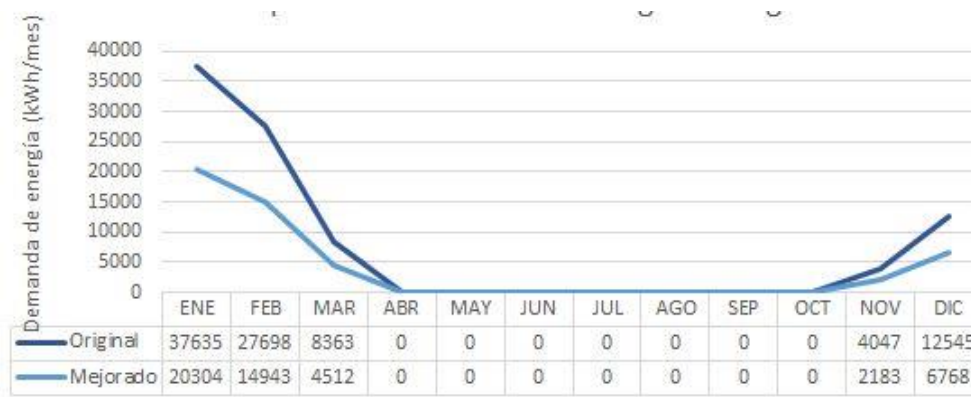


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

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 46,28% 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 187,65 kWh/m²año a 100,81 kWh/m²año. Al ser un hospital debe funcionar las 24hs los 365 días del año y la demanda de energía debiera triplicarse. A los efectos de comparar con otros edificios se restringe al horario de visitas.

Esto muestra la necesidad de implementar soluciones de fondo en especial en protección solar de superficies vidriadas y techos. Luego queda planificar un sistema termo mecánico de climatización sustentable adecuado al edificio por su especial implantación.

Demanda de energía anual	Comparación	Calefacción		Refrigeración	
		Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)
ENE		0,00	0,00	37634,80	20304,08
FEB		0,00	0,00	27697,78	14943,03
MAR		0,00	0,00	8363,29	4512,02
ABR		4608,00	2461,45	0,00	0,00
MAY		9234,62	4932,85	0,00	0,00
JUN		14103,27	7533,54	0,00	0,00
JUL		13419,06	7168,05	0,00	0,00
AGO		13419,06	7168,05	0,00	0,00
SEP		10333,09	5519,62	0,00	0,00
OCT		3030,11	1618,59	0,00	0,00
NOV		0,00	0,00	4046,75	2183,23
DIC		0,00	0,00	12544,93	6768,03
Total		68147,21	36402,14	90287,55	48710,38
Reducción de demanda (%)			46,58		46,05

zación anual original	158434,76	(kWh/año)	187,65	(kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	85112,53	(kWh/año)	100,81	(kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)				46,28

DECaI	DECa+	DERef	DERef+
80,71	43,11	106,94	57,69
kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año
Reducc (%)	46,58		46,05

Tabla 3: Síntesis de resultados de diagnóstico energético.

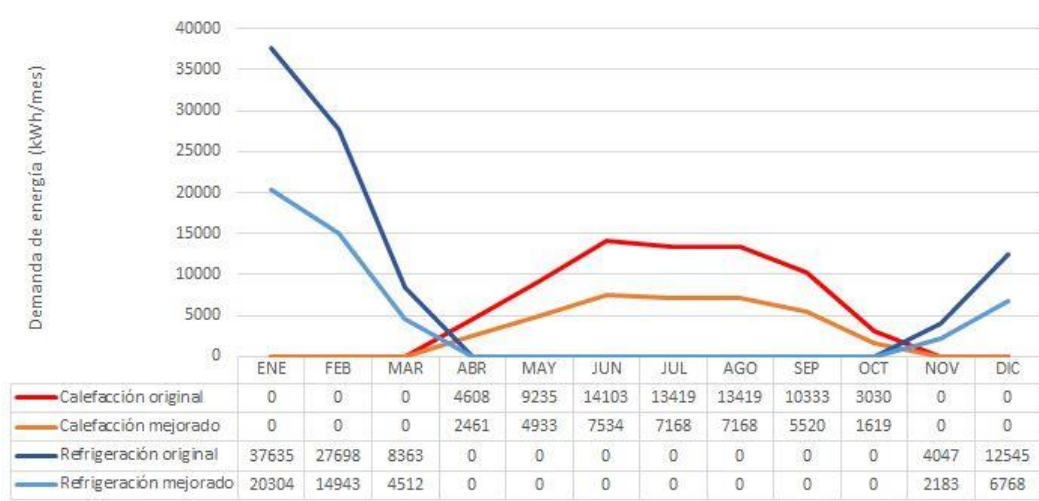


Figura 11: Comparación anual caso: Hospital comunal. Camilo Aldao, Córdoba.

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