

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE UN EDIFICIO PATRIMONIAL. CASO “ESTACIÓN JOVEN” EN PÉREZ, SANTA FE.

Gómez, Analía; Czajkowski, Jorge; Birche, Belén; Berardi, Roberto; Basualdo, David y Basualdo Rapetti, Julián

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable, FAU, UNLP / CIC / CONICET
j.czajkowski@fau.unlp.edu.ar // jdczajko@gmail.com

RESUMEN

El proyecto “Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables” permitió estudiar el comportamiento higrotérmico y energético de 47 edificios en varias regiones bioclimáticas de Argentina. El estudio de caso “Estación Joven” corresponde a la refuncionalización de una antigua estación de ferrocarril a poca distancia de Rosario, Santa Fe. El método consiste en auditar el edificio en dos momentos del año, durante una semana, a fin de conocer su demanda de energía y comportamiento higrotérmico y confort. Se exponen y discuten resultados de una monitorización higrotérmica, junto a una propuesta de mejora en su comportamiento.

Palabras Claves: Confort higrotérmico, Patrimonio, Municipios, Santa Fe.

Área Temática: Arquitectura ambientalmente consciente. Edificación sustentable.

Categoría del Trabajo: Trabajo de docentes y/o investigadores.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo es parte de una muestra de 47 edificios municipales auditados por el proyecto Euroclima+ “Edificios Municipales Energéticamente Eficientes y Sustentables”. El proyecto es coordinado por la *Universidad Nacional de La Plata (UNLP)* y cuenta con la asociación de la *Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC)* y el *Copenhague Centre on Energy Efficiency (C2E2)*. Es financiado por la República de Francia mediante la *Agencia Francesa de Desarrollo (AFD)*.

El caso presentado en este trabajo es un edificio localizado en calle 9 de Julio y A. San Martín de Pérez (Lat -32.99; Long -60.77) en clima templado cálido en Zona IIIb (IRAM 11603). Este Centro cumple una gran función social en una zona vulnerable de población de medio bajo nivel de ingresos. Su reacondicionamiento se finalizó en 2017. Está implantado en una antigua estación de FFCC.



Figura 1: Implantación de la “Estación Joven” en la comuna de Pérez, Santa Fe. Fuente: Propia a partir de mapas de OpenStreetMap y Google Maps, 2022.



Figura 2: Entrada del edificio comunal y detalle interior hacia el andén. Fuente: Propia, 2022.

Tabla 1: Datos mensuales de temp medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Rosario (Santa Fe). Lat: -32.982, Long: -60.730. Fuente: Norma IRAM 11900, 2017.

Mes	TBS°C	Radiación solar media mensual (W/m2)								
		0°	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

Este edificio como el resto de la muestra estudiada fue propuesto por los intendentes y jefes comunales de cada uno de los 17 distritos auditados por el equipo del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. La totalidad del instrumental utilizado pertenece al LAyHS y fue adquirido con fondos públicos previamente.

1.1. Características del edificio

El Centro de apoyo juvenil «Estación Joven» es de antigua construcción, fines del siglo XIX, con materialidad tradicional. Tiene una superficie habitable de 84.39 m² y un volumen a climatizar de 285.92m³ con una altura media de locales de 4.30m. Compuesto por cerramientos opacos en ladrillos comunes de 30 cm revocados en ambas caras y un K= 1.88 W/m²K. Los techos son a dos aguas de tipo liviano compuesto por estructura de madera de pino sobre los que materializa un entablonado machihembrado de 3/4", cartón embreado y chapa ondulada aluminizada al exterior. El cielorraso es visto y tiene un K= 2.58 W/m²K. Todas las carpinterías de puertas y ventanas son de madera en regular estado con vidriado sencillo de 4 mm y en algunos casos con postigos interiores junto a vidrios fijos de seguridad de 3+3mm y un K= 5.86 W/m²K. Las renovaciones de aire se fijan en N=2 (IRAM 11604).

El interior tiene buena iluminación natural, la artificial es tipo fluorescente de bajo consumo y se está renovando a LED. Solo en 1 ambiente orientado al este está climatizado con un aire acondicionado tipo Split de 3000 W. Conserva la envolvente y carpintería original que fueron restauradas. Sufrió una intervención con la colocación de unas ventanas de vidrio fijo que están en debate en la presentación ante ICOMOS. Solo posee servicio de energía eléctrica.

2. Desarrollo del trabajo:

2.1. Metodología e instrumental utilizado

El equipo del LAyHS posee más de 30 años de experiencia en la realización de auditorías de edificios y propuestas de rehabilitación energética y ambiental (Rosenfeld, Elías; et Al: 1988) (Czajkowski, J., et Al: 2012). El procedimiento consiste en la visita del edificio y su relevamiento en lo formal, constructivo y estado de conservación. Conocido este, se planifica la instalación de instrumental automático durante una semana a fin de registrar su comportamiento higrotérmico y lumínico, si corresponde en zonas térmicas. Se instaló un resguardo meteorológico en el exterior distante 300 m en la sede del palacio municipal dado que la estación está muy expuesta y sin vigilancia. Se usó un microadquisidor de datos Hobo Pro V2 a fin de registrar la variación de temperaturas y HR con una frecuencia de 15 minutos. En el interior en cada zona térmica se instalaron dos microloggers siendo uno Hobo U12/012 y otro modelo UX100-003. Se registraron temperaturas superficiales interiores y termografía en caso de requerirse. Se realizó una encuesta de percepción ambiental y del confort a empleados municipales.



Figura 3: Instrumental utilizado en la monitorización higrotérmica. Fuente: Propia, 2022.

El trabajo se completa con un análisis del comportamiento energético del edificio en régimen estacionario basado en una versión adaptada de las Normas IRAM 11604, 11659 y 11900 a fin de obtener el comportamiento a nivel mensual para determinar la demanda de energía en climatización. Considerando una agenda de ocupación basada en el relevamiento. Para invierno y verano se contrastan la versión original con la mejorada y se concluye una propuesta de mejoras.

2.2. Comportamiento energético:

El edificio como se mencionó previamente es de construcción tradicional con muros de ladrillos comunes, carpinterías de madera con vidrio simple de 4mm y techo de chapas metálicas sobre entablonado de madera. Implica una baja eficiencia energética y es esperable un comportamiento térmico inadecuado. El personal manifiesta que es muy caliente en los meses de verano y frío en los meses de invierno. El reporte de auditoría de invierno del 28/09/2021 al 12/10/2021 muestra un consumo de energía eléctrica de 106.2 kWh en energía eléctrica. En la visita de verano no pudo accederse al medidor por falta de personal municipal. El municipio no brindó registros históricos de consumo de energía por falta de información. La figura 4 muestra las pérdidas de energía discriminadas por la envolvente donde destacan muros y techo con el 27% respectivamente seguidos de las renovaciones de aire y las ventanas.

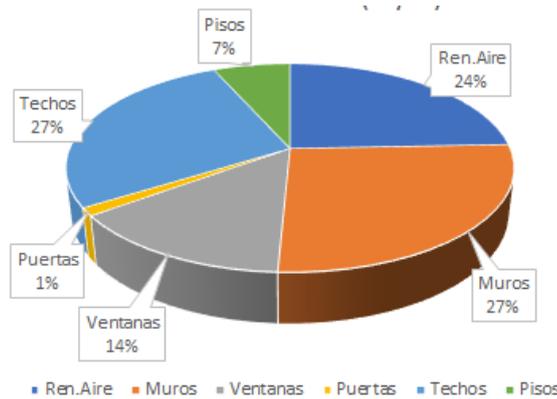


Figura 4: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

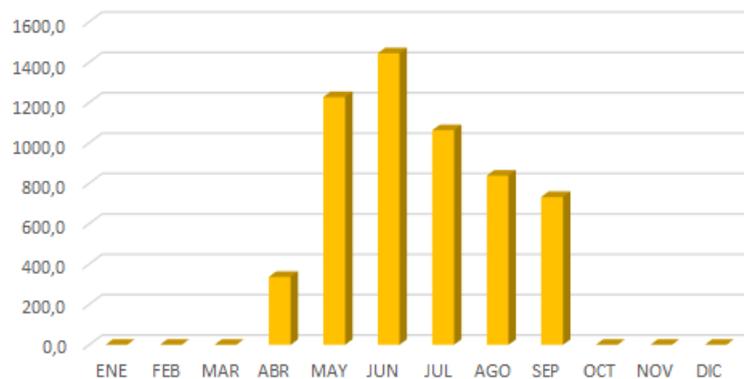


Figura 5: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

La Figura 5 muestra la demanda de energía calculada para una temperatura de confort interior de 20°C usando como base los datos de la Ciudad de Rosario ya que Pérez no posee estación meteorológica.

Tabla 2: Resumen de aspectos dimensionales del edificio

ASPECTOS DIMENSIONALES		
Superficie habitable	84,39	m ²
Volumen habitable	286,92	m ³
Indice Compacidad Co	0,37	adim
Factor de forma f	0,79	adim
Factor de exposición Fe	1,00	adim
Altura media de locales	4,30	m
Superficie envolvente	225,68	m ²
Superficie expuesta	225,68	m ²

La Tabla 2 muestra indicadores dimensionales y formales del edificio usados en el diagnóstico energético, del cual surge que el edificio tiene un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 2,87 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 7,39 W/m² que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **5641,41 kWh/año** y 66,85 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 (27%), muros (27%) y vidriados (14%), según Figura 4, a fin de lograr mejoras en la demanda de energía.

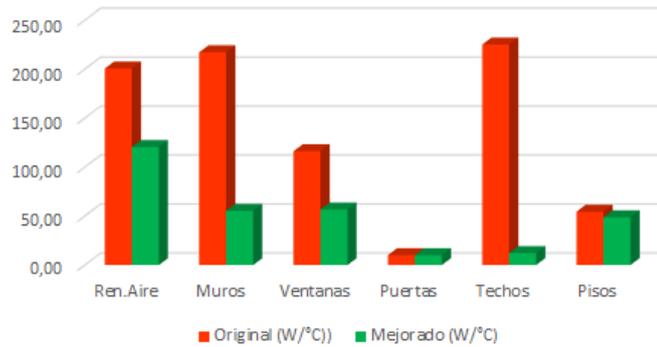


Figura 6: Comparación entre versión original y mejorada

La Figura 6 muestra el impacto que tendrían las mejoras en la envolvente con las mejoras propuestas en aislamiento térmico de muros, techos y vidriados.

2.3. Comportamiento higrotérmico:

Las figuras 7 y 8 muestran el comportamiento del edificio durante los períodos frío y cálido del año respectivamente.

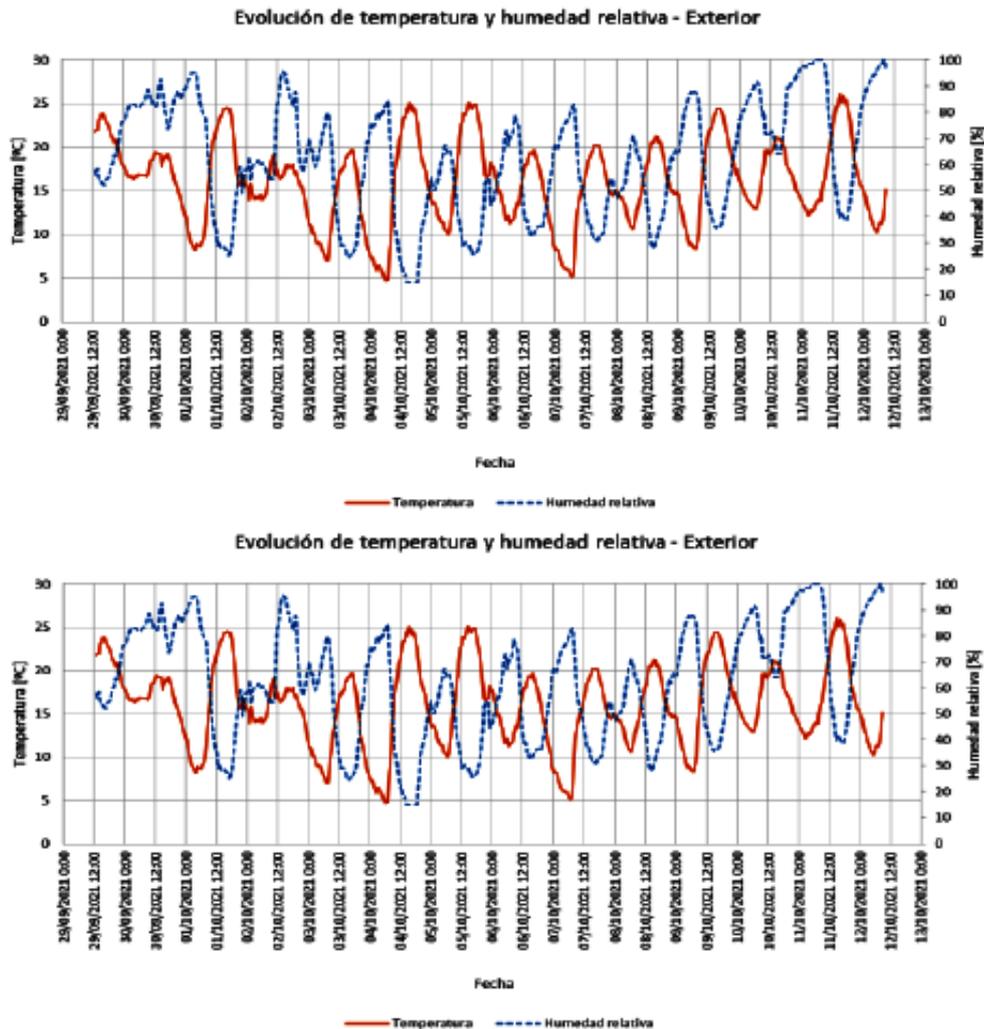


Figura 7: Comportamiento higrotérmico del edificio en setiembre/octubre mostrando resultados del exterior (Izq.) e interior (Der.)

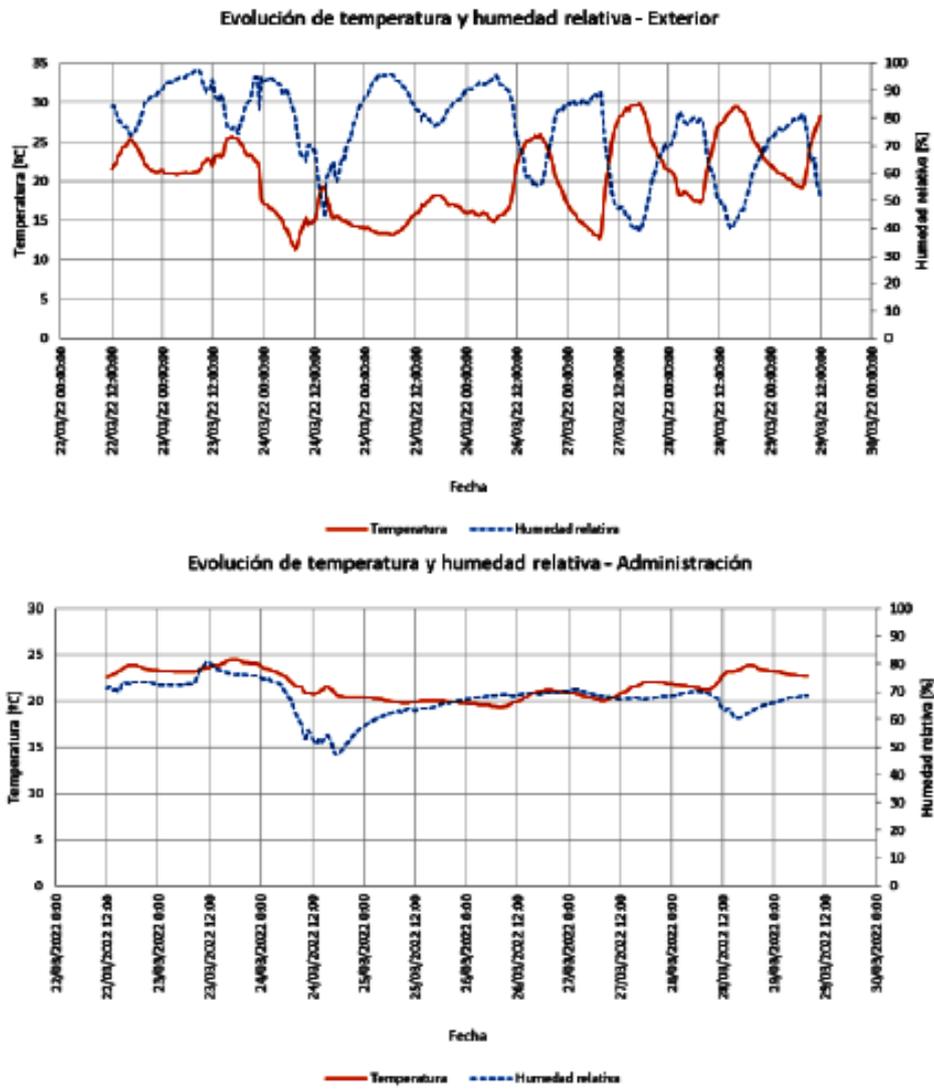


Figura 8: Comportamiento higrotérmico del edificio en marzo mostrando resultados del exterior (Izq.) e interior (Der.)

Por temas de agenda en ambos casos las mediciones se realizaron al límite de ambas temporadas siendo más características de inicios de primavera y otoño respectivamente.

Esto se muestra en las gráficas de confort del modelo B.Givoni materializadas con el programa Psiconf 1.0.

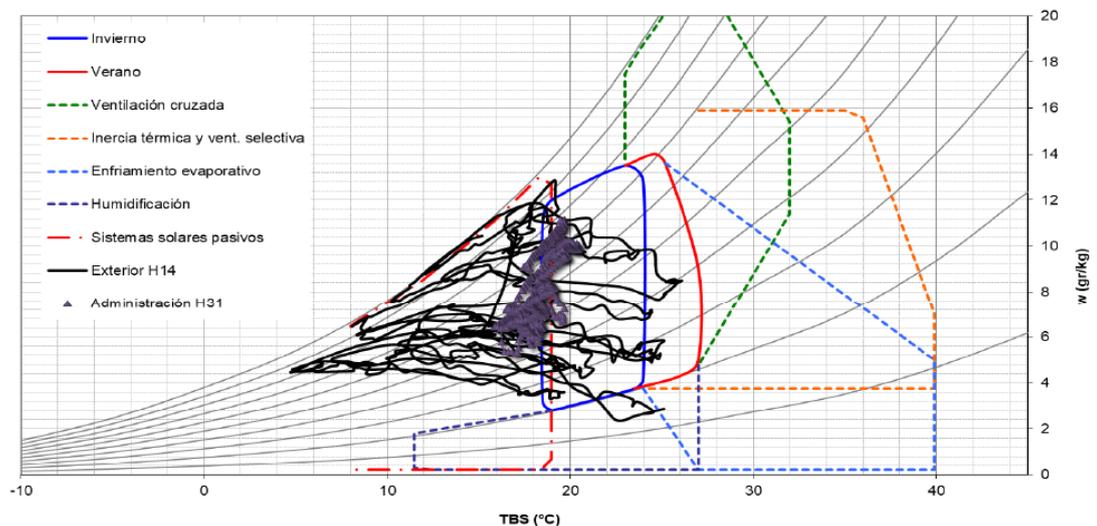


Figura 9: Comportamiento higrotérmico del edificio en set/oct mediante Psiconf 1.0.

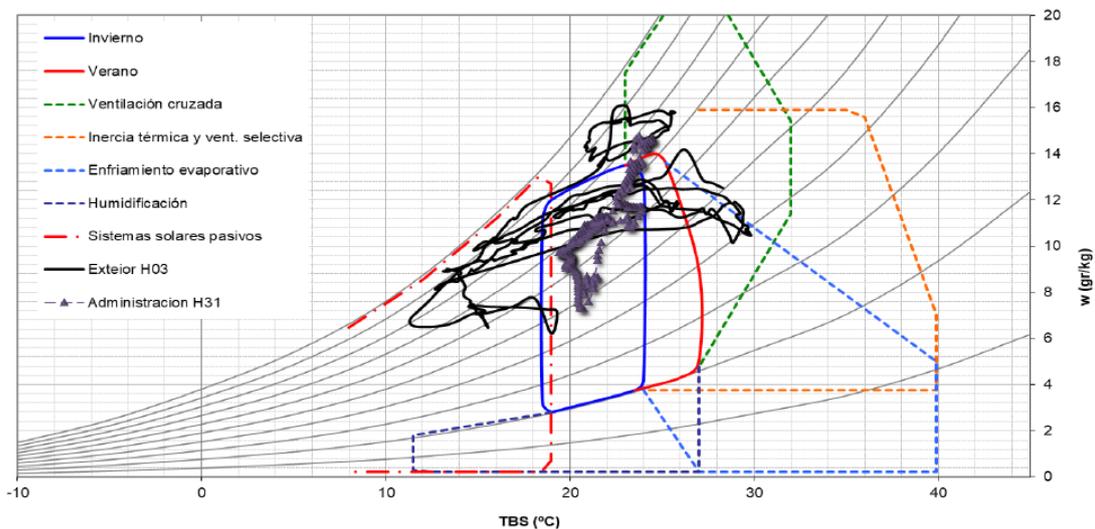


Figura 10: Comportamiento higrotérmico del edificio en marzo mediante Psiconf 1.0.

Las figuras 7 y 8 muestran la variación higrotérmica respecto de las zonas de confort de invierno y verano, respectivamente. De haberse realizado la monitorización en julio y en enero mostraría que el edificio es de un bajo confort higrotérmico sumamente frío y húmedo en invierno y muy caliente en verano. En invierno se requeriría el uso de sistemas solares pasivos y en verano de ventilación cruzada, mayor inercia térmica, aislamiento en techos y protección solar.

2.4. Diagnóstico y propuesta de rehabilitación energética:

La medida más importante es trabajar sobre la envolvente: a. agregar 10 cm de lana de vidrio con foil de aluminio inferior en el espacio entre cabios, o sobre el cielorraso suspendido y reemplazar con tableros de yeso el cielorraso; cubrir los muros interiores con 0.05m de lana de vidrio, barrera de vapor y terminación en tableros de yeso o negociar con la comisión de patrimonio un aislamiento exterior respetando la imagen existente con 0.05m de EPS de 30kg/m³ con la técnica EIFS (SATE) y c. colocar DVH en ventanas fijas y móviles más protección solar. Estas soluciones no debieran afectar la imagen del edificio, conservando la construcción preexistente y le dará adecuados niveles de confort higrotérmico y eficiencia energética. La solución de aislamiento interior en muros elimina el efecto benéfico de la inercia térmica. De pensarse en energías renovables la mejor opción es una bomba geotérmica frío/calor accionado por un generador FV. Además, brindaría ACS al office. El generador fotovoltaico podría alimentar además la iluminación LED (100W) y la computadora del sector administrativo.

Otro grupo del proyecto basado en estas recomendaciones elaborará el proyecto ejecutivo para que la universidad haga el llamado a compulsa de precios y dirija la obra de rehabilitación con fondos de la Unión Europea.

3. CONCLUSIONES.

El diagnóstico energético y monitorización higrotérmica puede considerarse herramientas válidas para conocer las características térmicas y funcionamiento bioclimático y energético de edificios. Permite generar información sea cuantitativa como cualitativa para no solo tener información primaria sino conocer la opinión de sus habitantes. Esto facilita la justificación de donde priorizar las inversiones en rehabilitación.

El trabajo muestra con claridad los inconvenientes de programar tantas auditorías en tiempos ajustados junto a desplazarse centenares de km de la sede institucional. A pesar de esto los resultados son valiosos. El mayor inconveniente del caso analizado es estar propuesto como edificio del patrimonio cultural ya que es usual una incompatibilidad entre los requerimientos para realizar mejoras en la eficiencia energética y su aprobación por parte de los expertos en conservación del patrimonio edificado.

Aun así, se mantiene la necesidad de primero un aplicar criterios bioclimáticos, seguido de reducción de la carga térmica y por último compensar con renovables para optimizar la eficiencia energética respecto de la inversión económica.

3. REFERENCIAS.

- Czajkowski, J., Gómez, A., Vagge, C., Salvetti, B., Marcilese, M., Diulio, M. d., y otros. (2012). Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del gran La Plata mediante auditorías. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 5.101-5.106. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Czajkowski, J., Basualdo, D., Coronel, A. y Gómez, A. (2019) Evaluación del comportamiento térmico de vivienda social mediante termografía. *Condición de verano*. XXIII Congreso y XXXVIII Encontro Arquisur Belo Horizonte, Brasil. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82959>
- Czajkowski, J. (2022). Psiconf 1.0 - Una aplicación para la graficación y análisis del confort higrotérmico, con datos de instrumental analógico o digital según el modelo de Baruch Givoni. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141630>
- Filippín, C., & Follari, J. (2003). Comportamiento termico de un proyecto demostrativo bioclimático en San Luis. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 5.69-5.76. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Gonzalo, G., Ledesma, S., Nota, V., & Martínez, C. (2000). Rediseño y actualización del programa computacional para verificación del riesgo de condensación en cerramientos exteriores. *Avances en Energías Revables y Medio Ambiente*, 4. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Salvetti, M. B., Czajkowski, J. D., & Gómez, A. F. (2009). Análisis del comportamiento energético-ambiental en torre de viviendas en La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 5.127-5.133. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Stazi, F., Di Perna, C., & Munafó, P. (2009). Durability of 20-year-old external insulation and assessment of various types of retrofitting to meet new energy regulations. *Energy and Buildings*(41), 721-731.
- Verbeek, G., & Hens, H. (2005). Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable? *Energy and Buildings* (37), 747-754.
- Normas: IRAM 11601 (2002). Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y materiales de construcción en régimen estacionario. Norma IRAM 11603. (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina*. Norma IRAM 11604 (2001). Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G_{cal} de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite. Norma IRAM 11605 (1996). Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Norma IRAM 11659-1/2 (2004/7). Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración. Y Parte 2: edificios para viviendas. Valores admisibles G_{ref} . Norma IRAM 11900 (2017). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética.
- Rosenfeld, Elías; Ravella, Olga Rosa; Fabris, Aldo; Discoli, Carlos Alberto; Di Constanzo, Nelly; Lozano, Susana; Martínez, Sara; Ferreyro, Carlos; Czajkowski, Jorge Daniel; Sagasti, Carlos; Fontana, Marisa; Gómez, Analía Fernanda (1988). El consumo de energía en el sector del área metropolitana argentina. Potencial de URE. XXIII Reunión de Trabajo de la ASADES. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77990>
- Stazi, F., Di Perna, C., & Munafó, P. (2009). Durability of 20-year-old external insulation and assessment of various types of retrofitting to meet new energy regulations. *Energy and Buildings* (41), 721-731. doi:10.1016/j.enbuild.2009.02.008 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778809000279>
- Tanides, G. C., Nicchi, F. G., Laviora, M. L., & Mazitelli, A. (2013). Calefacción en el sector residencial argentino: primera modelización y estudio de las consecuencias de la sustitución de bombas de calor en reemplazo de calefactores a gas. Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Buenos Aires. <http://eluree.org/wp-content/uploads/2013/09/actas/>
- Verbeek, G., & Hens, H. (2005). Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable? *Energy and Buildings* (37), 747-754. doi:10.1016/j.enbuild.2004.10.003 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778804003366>.

Agradecimientos

A la Unión Europea y en particular a la República de Francia por el financiamiento de un proyecto que por su complejidad y amplitud no sería posible con los programas nacionales de CyT. A la RAMCC por el apoyo brindado en la gestión de los municipios a auditar. Al Sr Intendente de Pérez y su equipo por la gran cortesía y calidez brindada al equipo auditor al visitarlos. A la ciudadanía del municipio, empleados y funcionarios del palacio municipal.