ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - AVERMA
Vol. 29, pp. 83-94, 2025, ISSN 2796-8111

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE SALUD EN CATAMARCA MEDIANTE MONITOREO Y SIMULACIÓN HIGROTÉRMICOS

Ana M. Martinena[1], Alicia Macias[1], Celina Filippin[2], Víctor O. García[3]
[1]Carrera de Arquitectura - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – Universidad Nacional de Catamarca – Maximio Victoria 55 CP 4700 - http://tecno.unca.edu.ar/ - Catamarca
[2]CONICET, Santa Rosa, La Pampa
3Grupo de Energías Renovables Catamarca, Facultad de Ciencias Agrarias UNCA. Catamarca
Tel. 383 467 1907 - e-mail: anamartinena31@gmail.com

RESUMEN: La construcción de edificios públicos en Argentina busca cubrir necesidades sociales, culturales y sanitarias, pero con frecuencia descuida aspectos energéticos y de confort. Este trabajo tiene como objetivo generar argumentos técnicos para la rehabilitación energética del área Salud del Centro Integrador Comunitario Sur (CIC), en San Fernando del Valle de Catamarca, a partir de un diagnóstico basado en monitoreo higrotérmico, simulación térmica con el software SIMEDIF y análisis de estrategias bioclimáticas. El monitoreo mostró que los locales permanecen fuera de confort más del 80 % del tiempo, con temperaturas entre 24 °C y 34 °C. La simulación validada por calibración confirmó estos resultados y permitió proyectar escenarios de mejora. La incorporación de aislamiento térmico en muros y techos, dispositivos de control solar, ventilación nocturna y forestación estratégica redujo en las simulaciones entre 3 °C y 4,5 °C las temperaturas estivales máximas y aumentó hasta 2 °C las mínimas invernales, acercando los ambientes al rango de confort. Se concluye que, más que por el ahorro energético —moderado en este edificio—, la relevancia de la rehabilitación radica en garantizar condiciones higrotérmicas adecuadas para usuarios y personal, contribuyendo al bienestar y a la sostenibilidad de los edificios públicos.

Palabras clave: rehabilitación energética, confort higrotérmico, diseño bioclimático

INTRODUCCIÓN

Los espacios públicos desempeñan un papel fundamental en los asentamientos humanos al promover el desarrollo comunitario, la cohesión social, la equidad y el bienestar en las ciudades. Estos espacios, tanto abiertos como cerrados, deben diseñarse y gestionarse para ser accesibles, inclusivos, multifuncionales y seguros para la salud y el bienestar humanos (ONU Habitat 2022). En particular, los edificios públicos cumplen funciones simbólicas y operativas que impactan en el entorno urbano debido a su singularidad y a la dinámica que generan y en la calidad de vida de sus usuarios, quienes requieren ambientes confortables para desarrollar sus actividades. Según Molina (2012), "Una persona se encuentra confortable cuando puede observar y sentir un fenómeno sin preocupación o incomodidad. Así, es posible hablar de confort térmico, acústico y lumínico, como variables del confort ambiental. Si alguno de los factores que afectan el confort del usuario se eleva por sobre ciertos límites, a largo plazo se produce un estrés negativo en el cuerpo que puede desencadenar en diversas enfermedades físicas y psicológicas asociadas". En materia de edificación, las normas IRAM regulan la habitabilidad mediante requisitos de eficiencia energética y parámetros de calidad ambiental, estableciendo parámetros de transmitancia térmica (IRAM 11605, 1996), criterios de calidad energética (IRAM 11604, 1990 y 11659-2, 2007) y estrategias bioambientales orientadas a optimizar el ambiente interior y reducir el consumo de energía (IRAM 11900, 2017).

Esta obra está bajo Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

En relación con los antecedentes, diversas investigaciones han puesto en evidencia las deficiencias térmico-energéticas de los edificios públicos y el potencial de mejora a partir de estrategias pasivas y bioclimáticas. El proyecto EUROCLIMA "Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables" (FAU, UNLP / CIC / CONICET, 2023), analizó el comportamiento higrotérmico y energético de 47 edificios en varias regiones bioclimáticas de Argentina. El estudio realizado en el CIC "El Nido" de Neuquén, edificio de construcción tradicional y de baja eficiencia energética en su envolvente, concluyó que la incorporación de aislamiento en vidrios, techos y muros, así como el reemplazo de aberturas y la incorporación de protección solar, permite reducir el consumo energético para calefacción y refrigeración en un 51 %, destacando que la sustitución de carpinterías existentes por otras de PVC con DVH junto con persianas exteriores metálicas exteriores, resulto ser la medida más costosa. Por su parte, la investigación en el CIC "Los Pioneros" de Chacabuco (Buenos Aires) evidencia una baja calidad constructiva y eficiencia energética, logrando confort en invierno gracias al sistema de climatización, pero presentando sobrecalentamiento en verano. La modelización realizada mediante una aplicación desarrollada ad-hoc en Excel que sigue las Normas IRAM 11601, 11605, 11604, 11659 y 11900 como base, estima una demanda de 86.377,10 kWh/año, reducible en un 63.41 % mediante rehabilitación pasiva. Las medidas incluyen aislamiento en muros con EIFS/SATE, DVH en ventanas, protección solar, y lana de vidrio o PUR en techos; la instalación de una bomba geotérmica frío/calor asociada a energía fotovoltaica es la alternativa renovable más factible. Otros trabajos confirman la eficacia de combinar estrategias activas y pasivas. Esteche et al. (2024) mostraron en un jardín maternal de Neuquén que la integración de aislamientos, recambio de aberturas y medidas bioclimáticas (ganancia solar directa, inercia térmica, ventilación nocturna y enfriamiento evaporativo) puede reducir hasta un 90 % la demanda anual de climatización, mejorando sustancialmente el confort higrotérmico.
En la misma línea, Fernández y Garzón (2025) evaluaron muros en Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en Tucumán mediante un análisis multicriterio de desempeño, coste y ciclo de vida. Determinaron que el aislamiento interior con lana de vidrio reduce en promedio un 21,3 % la demanda de calefacción y un 15,4 % la de refrigeración, con alta viabilidad y replicabilidad en contextos locales. Este estudio subraya la necesidad de intervenciones sistemáticas y masivas para optimizar el comportamiento térmico-energético de edificios públicos de salud.

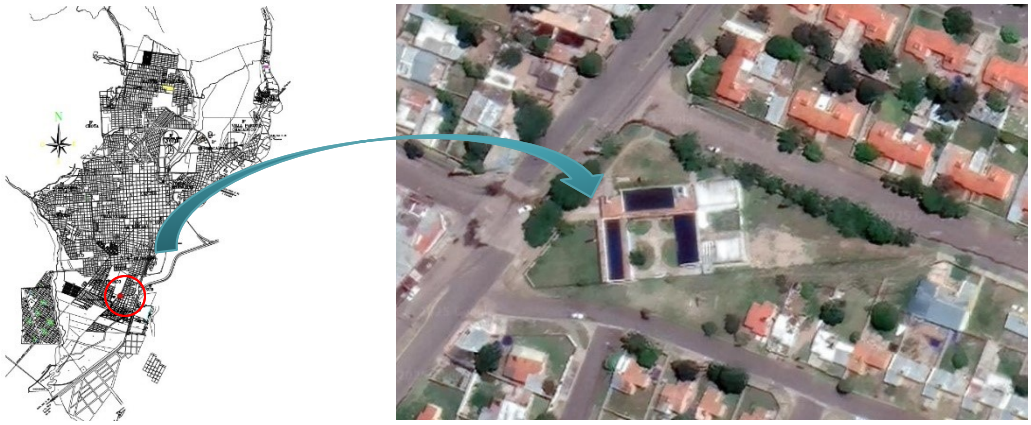
En Argentina existe además un marco normativo que impulsa la eficiencia energética en edificios públicos, estableciendo obligaciones y recomendaciones como el Decreto 140/2007 y programas derivados como el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía en Edificios públicos (PROUREE), que obligan a implementar medidas de eficiencia, regulan ciertos aspectos concretos (como temperatura de climatización y apagado de luces ornamentales), y prevén la futura definición de índices máximos de consumo. Así mismo resalta la necesidad y conveniencia de que el sector público asuma una función ejemplificadora ante el resto de la sociedad, implementando medidas orientadas a optimizar el desempeño energético en sus instalaciones.

En este marco, el objetivo del trabajo es generar argumentos sólidos para la propuesta de rehabilitación energética del área Salud del Centro Integrador Comunitario Sur (CIC), en San Fernando del Valle de Catamarca, a partir de resultados empíricos obtenidos mediante monitoreo higrotérmico, simulación térmica y aplicación de estrategias bioclimáticas. A diferencia de otros casos, este edificio presenta un consumo eléctrico relativamente bajo, pero severos problemas de confort térmico que afectan a usuarios y personal. El estudio se presenta como una herramienta para respaldar la toma de decisiones en materia de rehabilitación energética en edificios públicos. La hipótesis plantea que la implementación de medidas pasivas —como aislamiento térmico, control solar y ventilación natural— permitirá reducir las temperaturas máximas interiores en verano y aumentar las mínimas en invierno, acercando los locales al rango de confort definido y disminuyendo la dependencia de climatización artificial.

CASO DE ESTUDIO

Los Centros de Integración Comunitarios (CIC) comenzaron a construirse en Argentina a partir del año 2004 como espacios de referencia para políticas de salud y desarrollo social en sectores vulnerables (López, 2004). Su construcción se extendió en todo el país bajo prototipos generales que admiten ajustes locales, sin un diseño adaptado a las distintas zonas bioambientales.

El CIC Sur fue construido en el año 2007 en el barrio Sud, ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca (28° 28’ latitud sur, 65° 47’ longitud oeste y 531 msnm) provincia de Catamarca, en un entorno de viviendas desarrollado por el Instituto Provincial de la Vivienda (I.P.V.) y asentamientos precarios de una sola planta (Bº 20 de marzo, Santa Marta, I.P.V./04) (Figura 1a y 1b). El clima de SFVC es cálido-seco con altas temperaturas entre octubre y marzo y periodos de escasas precipitaciones en invierno. En cuanto a las características del aire y la heliofanía del sitio, se aprecia una notable presencia de cielos diáfanos y despejados durante la mayor parte del año, lo que se traduce en una elevada incidencia de radiación solar directa. Estas condiciones, junto con la frecuencia de aire cálido acompañado de partículas de polvo en suspensión, definen un entorno climático caracterizado por altas tasas de insolación y una atmósfera predominantemente seca. De acuerdo a norma IRAM 11603 (1996), el verano es la estación critica en esta localidad.



(a) *(b)*

Figura 1: Ubicación CIC Sur, (a)Plano Ciudad de SFVC, (b) Vista aérea CIC Sur y entorno



(a) *(b)*

Figura 2: CIC Sur, (a)Planta General, (b) Vista oeste, ingreso y sector Salud

El edificio responde a la tipología CIC Básico, con tres módulos funcionales (Salud, Social y SUM) organizados en torno a un patio cívico central de 460 m² (Figura 2a y 2b). El área Salud ocupa 160 m^2 en el ala oeste del edificio, desarrollándose en un eje longitudinal norte-sur, lo que determina que sus fachadas principales se orienten hacia el este y el oeste. El acceso a este sector se realiza a través de un área común que integra un porche, un hall de ingreso y baños públicos. La disposición funcional organiza los cuatro consultorios y la zona de apoyo al personal en el núcleo central, mientras que las circulaciones este y oeste articulan la circulación interna. El pasillo Este está destinado como sala de espera para personas usuarias, en tanto que el pasillo Oeste facilita el tránsito del personal de salud, permitiendo el acceso directo a los consultorios y a los sectores de apoyo. La farmacia completa la estructura funcional del sector (Figura 3). Los pasillos presentan dimensiones reducidas y cuentan con amplias superficies vidriadas, lo que favorece la iluminación y ventilación natural de estos sectores. En contraste, los consultorios, al estar rodeados por las circulaciones, disponen únicamente de ventiluces

ubicados en la parte superior de la pared oeste, lo que resulta insuficiente para garantizar niveles adecuados de iluminación y ventilación en dichos espacios.



Figura 3: Planta Funcional área Salud

La materialidad del edificio se resuelve mediante muros de mampostería de ladrillos cerámicos huecos de 18 cm de espesor, revocados en ambas caras y terminados con pintura látex en tonos celeste y blanco en interiores, y beige en exteriores; carecen de aislación térmica específica. Los techos de consultorios, farmacia y área de apoyo con una pendiente del 5 %, están conformados por estructura metálica, cubierta de chapa galvanizada N° 20, membrana de espuma termoplástica y cielorraso de placas de Durlock pintadas al látex blanco. Los espacios de circulación, porche y hall de ingreso se distinguen por la utilización de losa maciza de 10 cm de espesor, membrana de aluminio de 4 mm sobre hormigón de pendiente con agregados pétreos, carpeta de asiento y bovedillas cerámicas, con cielorraso interior aplicado a la cal. La carpintería está compuesta por ventanas metálicas con marcos y hojas de chapa doble y vidrios simples de 4 mm de espesor, sin burletes, cortinas ni celosías, y las puertas exteriores presentan características similares (Tabla 1).

Tabla 1: Características constructivas área Salud

Elemento constructivo	Materiales y terminaciones	Espesor / características	Función / ubicación	Aislamiento térmico/ hídrico
Muros exteriores	Ladrillo cerámico hueco 18 cm revocado. Pintura látex beige	20 cm	Envolvente del área salud	No posee aislamiento
Techos metálicos	Estructura metálica, chapa galvanizada N° 20, espuma termoplástica, cielorraso de Durlock	Pendiente 5 %	Cubierta principal de consultorios y farmacia y sector apoyo	Membrana de espuma termoplástica
Techos losa	Losa maciza 10 cm, membrana de aluminio, hormigón, bovedillas cerámicas, cielorraso interior	20 cm	Cubierta principal porche, hall de ingreso y pasillos	Membrana de aluminio 4 mm
Carpintería exterior Puertas ventana, ventanas, ventiluces	Metálicas de chapa doble, vidrio simple de 4 mm	Sin burletes, cortinas ni celosías	Iluminación y ventilación insuficiente en consultorios	-

El área Salud funciona en turnos de 8 a 12 h y de 14 a 19 h. En consultorios y farmacia se emplean ventiladores de techo, y únicamente tres consultorios disponen de equipos individuales de aire acondicionado para refrigeración. No cuenta con sistemas para calefaccionar los ambientes.

METODOLOGIA

El diseño metodológico de este trabajo se apoyó en un análisis preliminar de antecedentes técnicos y normativos, que permitió definir los criterios de evaluación del caso de estudio. En particular, se consideraron las normas IRAM 11603 (1996) y 11605 (1996) sobre condiciones de confort térmico. Este marco de referencia, complementado con el análisis de ejemplos de rehabilitación energética en edificios públicos en Argentina, sirvió de base para estructurar la metodología en tres etapas principales:

Etapa 1. Diagnostico edilicio y energético del CIC Sur: incluyó la caracterización morfológica (Factor Forma, Índice de Compacidad, orientación y exposición solar) mediante modelado digital con SKETCHUP. Se determinaron las transmitancias térmicas (K) de muros, techos y carpinterías según norma IRAM 11605 (1996) y se evaluaron los riesgos de condensación conforme a norma IRAM 11625 (2000). Simultáneamente, se calcularon las cargas térmicas de calefacción y refrigeración aplicando balances térmicos (norma IRAM 11604, 1990). Sobre esta base, se propuso la rehabilitación de la envolvente edilicia, considerando costos, y se recalcularon cargas y energía auxiliar. En paralelo, se realizó una auditoría energética, analizando consumos eléctricos entre 2012 y 2021 a partir de facturación, y relevando la potencia instalada de equipos y sistemas de iluminación. Este diagnóstico permitió identificar que, si bien el consumo eléctrico total es moderado (10.000–17.000 kWh anuales), el área Salud concentra la mayor carga instalada (≈19.890 W, un 72 % del total en acondicionamiento térmico), lo que lo convierte en el sector más crítico desde el punto de vista del confort higrotérmico.

Etapa 2. Diagnostico térmico área Salud: constituye el núcleo del presente trabajo. Se partió del monitoreo higrotérmico realizado en condiciones reales de uso y se extendió durante nueve días corridos desde el martes 07 de diciembre de 2021 al jueves 16 de diciembre de 2021. Abarcó siete días laborales con actividad matutina y vespertina (de 8.00 a 12.00 h y de 14.00 a 19.00 h) y dos días de fin de semana donde el sector Salud permaneció cerrado. Los data-loggers, tipo HOBO U-12 se cubrieron con protecciones de poliestireno expandido perforados en toda su superficie y abiertos en su cara inferior a fin de evitar la incidencia y acumulación de calor radiante proveniente de lámparas, paredes o techo. Cada unidad registró datos de temperatura (°C) y humedad (%) a intervalos de quince minutos, lo que permitió construir curvas de comportamiento térmico real y comparar los resultados con los umbrales calculados para el caso de estudio. Los sensores se colocaron en cinco locales simultáneamente: dos consultorios, pasillos y hall de ingreso (Figura 4 y Tabla 2), siendo seleccionados por sus diferentes usos, sistemas constructivos y ubicación dentro del edificio, lo cual permitió plantear un análisis comparativo. Se adoptaron como umbrales de la Zona de Confort (ZC) durante todo el año el rango que va de los 22 °C a 27 °C y 20 % a 50 % HR, datos obtenidos a partir de la realización de diferentes estudios comparativos. (Bioclimograma de Givoni, Bioclimograma de Olgyay - CEEMA, 2003)

Tabla 2: Ubicación y tipo de sensores en locales área Salud

Local	Ubicación	Sensor
Local 1	Consultorio - Oculista	HOBO 1 - 2448449
Local 9	Consultorio - Enfermería	HOBO 2 - 2551899
Local 12	Pasillo Este - Espera	HOBO 4 - 9658045
Local 13	Pasillo Oeste – Circulación Técnica	HOBO 11 - 1111984
Local 14	Hall Ingreso Oeste - Espera	HOBO 3 - 2448454
	Patio Cívico - Exterior	HOBO U12 - 1111989

En esta misma etapa se llevó a cabo la simulación del comportamiento térmico del sector durante ocho días para el período cálido desde el 8 al 16 de diciembre, coincidiendo con el periodo de monitoreo, y durante nueve días para el período frío — del 1 al 10 de julio —, utilizando el software SIMEDIF 2.0 para Windows desarrollado en el INENCO, Instituto de Investigación en Energía No Convencional (Flores Larsen y Lesino, 2000). La simulación se realizó en régimen periódico permanente para las estaciones de verano e invierno, y en régimen transitorio para el verano, ingresando al programa los datos de temperatura exterior obtenidos durante el monitoreo. De acuerdo con la norma IRAM 11659 (2007), se adoptó una temperatura de confort de 26 °C y 50 % HR para verano (Nivel B), y entre 18–20 °C para invierno. Como referencia complementaria, la ASHRAE 55 establece un rango de humedad relativa entre 30–60 %, recomendando 50 % como valor óptimo de diseño. Se definieron 20 zonas

isotermas o locales que se corresponden con los consultorios, circulaciones, sectores sanitarios y de servicio del sector Salud. Los datos geométricos se determinaron en base a los planos del pliego de licitación, mientras que para las propiedades físicas de los materiales se utilizaron valores obtenidos a partir de tablas (Incropera y DeWitt, 1996). En la simulación se tomaron como base las renovaciones por hora, de acuerdo al destino del local, recomendadas por la Norma DIN 1946-4. (DIN, 2014), coeficientes de transferencia internos y externos de 5.8 W/m^2K y 28.9 W/m^2K respectivamente y coeficientes de transmisión térmica de ventanas de 5.8 W/m^2K ya que no tienen persianas exteriores ni cortinas interiores para oscurecer. Finalmente, se llevó a cabo la calibración del modelo numérico a partir de la comparación entre los datos de temperatura y humedad relativa registrados por los sensores y los valores obtenidos en la simulación base. Para ello se consideraron los cinco locales monitoreados (1, 9, 12, 13 y 14).

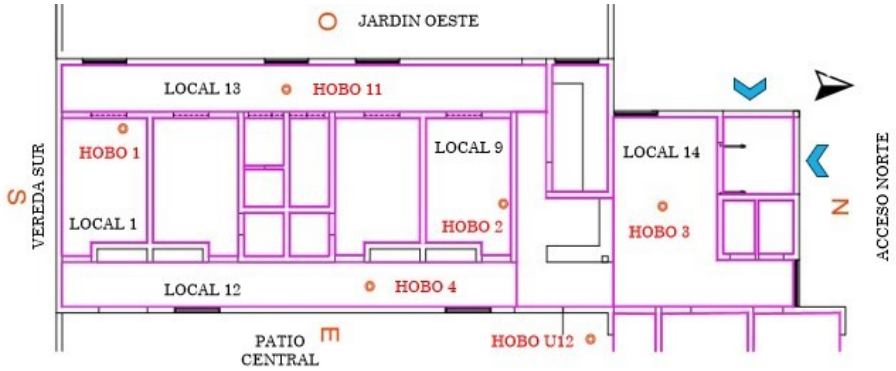


Figura 4: Planta ubicación sensores en locales área Salud

Etapa 3. Propuesta de rehabilitación energética: se definieron estrategias de rehabilitación fundamentadas en criterios de diseño pasivo y bioclimático. Su impacto se evaluó mediante simulaciones con SIMEDIF 2.0, comparando el comportamiento térmico del edificio en su estado actual con escenarios de rehabilitación.

RESULTADOS

Monitoreo higrotérmico

El periodo monitoreado se caracterizó por una fluctuación en la temperatura y humedad ambiente, comenzando con días cálidos y secos seguidos por días frescos y lluviosos, luego cálidos y húmedos, culminando con cálidos y ventosos. Las temperaturas máximas se registraron entre las 15 y 17 h. y las mínimas entre las 05 y 07 h. Durante los 7 días hábiles monitoreados — momento en el que se realizaban las actividades en el sector Salud, con afluencia de público y presencia permanente de médicos, enfermeros y ayudantes — en cinco de esos días se registraron temperaturas máximas superiores a los 32 ºC y un promedio de 50 % HR. Los días sábado 11 y domingo 12 de diciembre, marcaron las temperaturas más cálidas (35 ºC y 38 ºC) del periodo monitoreado.

El monitoreo higrotérmico identificó a los locales 1 (consultorio oculista) y 9 (enfermería) como los ambientes que más rápidamente acumulaban calor, alcanzando temperaturas interiores entre 24 °C y 34 °C y amplitudes térmicas de 10-11 °C. Ambos presentaron vulnerabilidad ante condiciones externas, con elevada inercia térmica: la disipación nocturna fue insuficiente y la temperatura interna se mantuvo en 26 °C aun cuando el exterior descendió a 20 °C. Las máximas interiores se registraron una hora después del pico exterior, persistiendo durante la noche. Los periodos breves de confort (26 °C y 50 % HR) se lograron exclusivamente por el uso puntual de refrigeración. El local 13 (pasillo oeste) fue el más cálido (29,4 °C promedio), con una gran área expuesta y ventanas al oeste sin protección, alcanzando interiores de 25-34 °C y amplitud térmica de 10 °C. Los locales 12 (pasillo este) y 14 (hall de ingreso) se destacan por presentar el mejor comportamiento térmico. Sin embargo, existen diferencias entre ambos: el local 12, expuesto en la mañana, mantuvo temperaturas entre 22 y 32 °C, con promedios diarios de 28 °C y sin descenso nocturno debido a la falta de ventilación, ofreciendo mayor confort en días frescos. Por su parte, el local 14, compacto y bien ventilado, alcanzó máximas de 29-32 °C y humedad relativa de 42-50 %, mostrando el mayor confort durante las mañanas frescas. A pesar de las

diferencias en los sistemas constructivos, el grado de exposición solar y las condiciones de ventilación natural, los cinco locales presentaron un comportamiento térmico muy similar. Todos se mantuvieron fuera de la zona de confort más del 80 % del tiempo, registrando oscilaciones térmicas entre 24 °C y 34 °C, con una humedad relativa en torno al 50 %. Incluso cuando la temperatura exterior descendía, la temperatura interior permanecía elevada y prácticamente constante a lo largo de los días monitoreados (Figura 5).

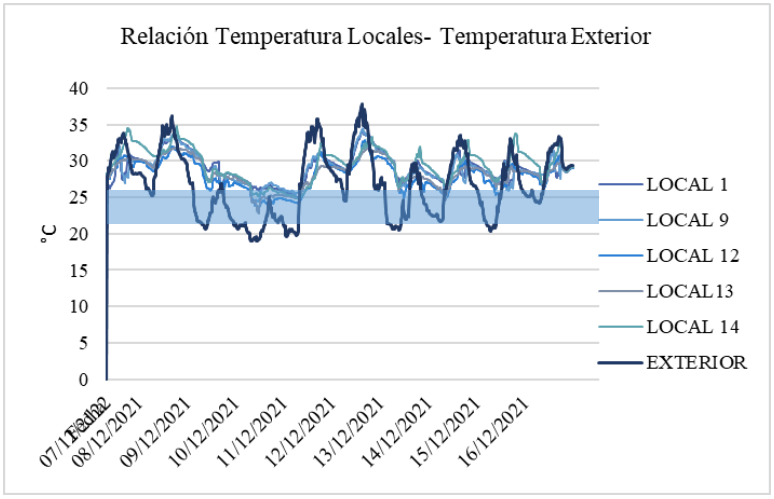


Figura 5: Relación temperatura interior locales monitoreados y zona de confort

En la Figura 6 se grafica la influencia de agentes climáticos y su impacto en el comportamiento térmico de los locales.

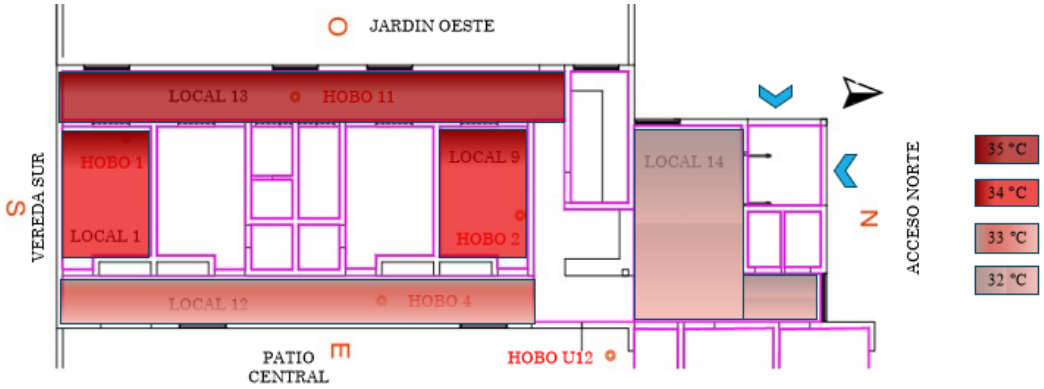


Figura 6: Planta comportamiento térmico área Salud - Monitoreo

La Tabla 3 muestra los valores máximos y mínimos alcanzados en los diferentes locales monitoreados del área Salud. Se destacan las diferencias entre locales con ventilación directa y natural respecto de los ubicados en el centro del edificio donde la ventilación es insuficiente.

Tabla 3: Valores máximos y mínimos de temperatura en locales para los días 07 al 16 dic. 2021

Local	Ubicación	Ventilación	Temperatura °C		Humedad %	
			Min	Max	Min	Max
Local 1	Consultorio - Oculista	insuficiente	24,99	34,36	40	63
Local 9	Consultorio - Enfermería	insuficiente	23,80	34,44	34	67
Local 12	Pasillo Este - Espera	directa	22,85	31,79	41	68
Local 13	Pasillo Oeste – Circulación Técnica	directa	24,84	34,84	37	64
Local 14	Hall Ingreso Oeste - Espera	directa	23,64	32,79	37	68
	Patio Cívico - Exterior		18,93	37,81	29	88

Simulación del comportamento térmico

La simulación térmica del área Salud reprodujo las condiciones del periodo estival e invernal, incorporando los datos del monitoreo y calibrando el modelo en base a los locales evaluados.

Verano. Durante los días cálidos, todos los locales analizados superaron las temperaturas exteriores en las horas de máxima exigencia (13 a 17 h), alcanzando promedios de 33,5 °C. Los ambientes más cálidos fueron los locales 19 y 9 (consultorio enfermería) con promedios de 36 °C entre las 14 y 20 h. Los locales 8, 10 y 2 registraron valores cercanos a 32 °C, y el local 1 (consultorio oculista) alcanzó los 30 °C. Las circulaciones y hall de espera alcanzaron un promedio de 33 °C, destacándose el local 14 (hall de ingreso) como el más cálido de este segmento con 35 °C. Al simular el empleo de aire acondicionado en los locales 1, 8 y 9 (equipos de 2.900 W, termostato a 26 °C entre las 13 y 20 h), se logró mantener condiciones de confort durante el funcionamiento del sistema. Sin embargo, fuera de ese horario, la temperatura ascendió nuevamente, con promedios de 30 °C. Se observó una diferencia térmica de hasta 11 °C entre ambientes acondicionados y no acondicionados, registrándose en estos últimos máximas de hasta 37,7 °C (locales 10 y 2). Sectores de apoyo, sin ventilación ni iluminación natural, registraron hasta 38 °C en el local 7 (office), (Figura 7).

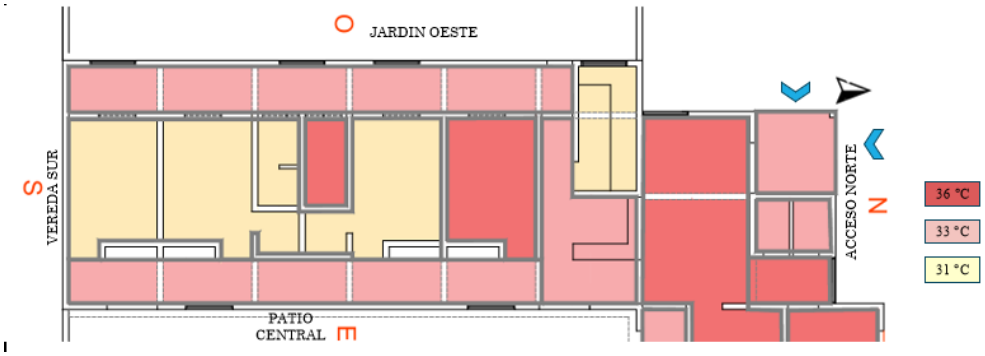


Figura 7: Planta comportamiento térmico área Salud – Simulación verano

Invierno. En el periodo frio, los locales permanecieron por encima de la temperatura exterior (promedio 11,5 °C), resultando más favorable que en verano. Los locales 10 y 19 presentaron valores mínimos (13,7 °C), mientras que el local 1 (consultorio oculista) registró 14,5 °C en promedio; consultorios y enfermería mantuvieron temperaturas de 17 °C. El local 9 (consultorio enfermería) alcanzó confort térmico entre 14 y 20 h. Las áreas de circulación y espera se mantuvieron fuera del rango de confort, con valores entre 12 °C y 14 °C. Sectores sanitarios y de office alcanzaron de 12 °C a 15 °C, siendo el local 7 (office) el más cálido con 23 °C. La simulación invernal con aire acondicionado en los locales 1, 8 y 9 (funcionando de 8 a 13 h) permitió mantener el confort térmico hasta la medianoche, registrando incrementos de hasta 4 °C respecto a la situación sin acondicionamiento. Los locales calefaccionados lograron condiciones óptimas, mientras que los no acondicionados oscilaron entre 10 °C y 19 °C. Se ratifica así que la ubicación interna y la ventilación influyen fuertemente en la distribución térmica, con el centro del edificio más cálido y el perímetro más frío (Figura 8).



Figura 8: Planta comportamiento térmico área Salud – Simulación invierno

Calibración. La comparación entre los datos de simulación y los registros del monitoreo en los cinco locales instrumentados (1, 9, 12, 13 y 14) evidenció una buena correspondencia, con errores menores a 1,5 °C en temperatura y 5 % en humedad relativa. Esto valida al modelo numérico (SIMEDIF) como una herramienta confiable para evaluar escenarios de rehabilitación. Las Figuras 9 y 10 ilustran la comparación entre los valores de temperatura interior obtenidos en el monitoreo y los resultados de la simulación en los locales 1 y 12, en relación con la temperatura exterior y la zona de confort definida. Se observa que las curvas presentan un comportamiento similar, destacándose las mayores diferencias en los momentos de máximas temperaturas exteriores.

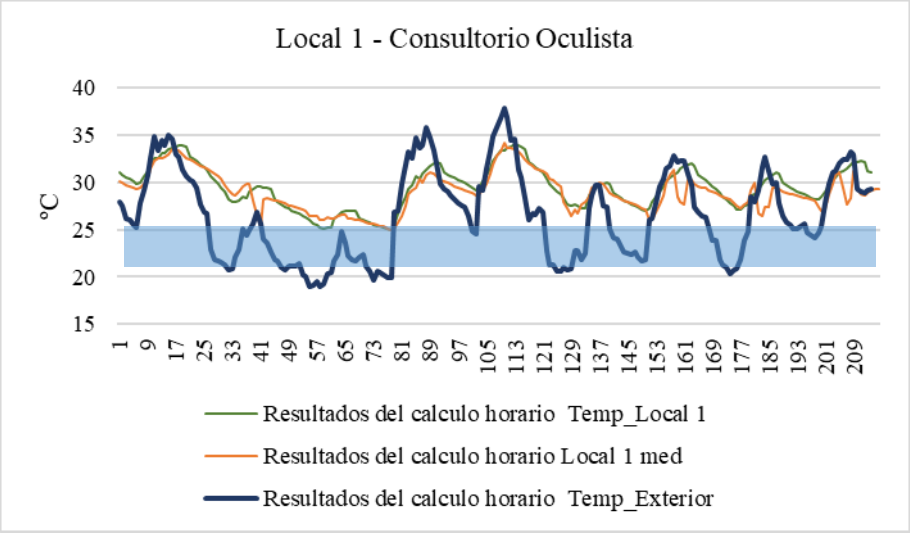


Figura 9: Calibración Datos Local 1 (Consultorio Oculista)

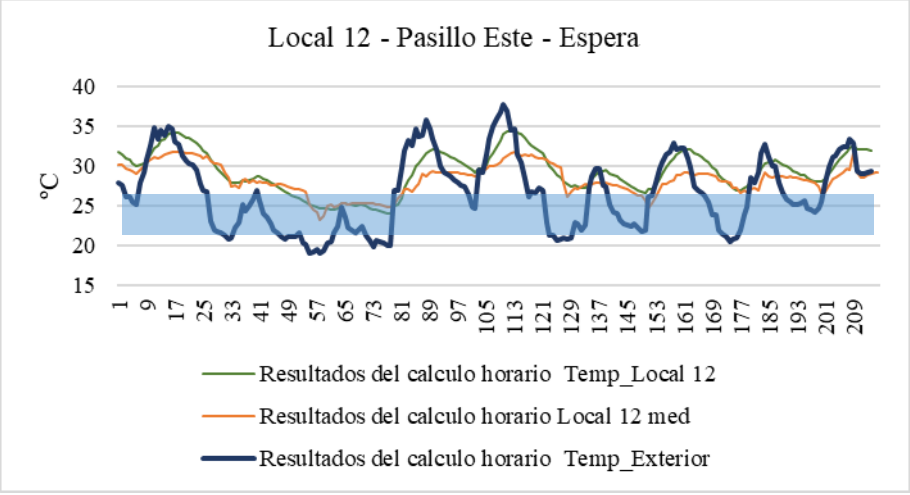


Figura 10: Calibración Datos Local 12 (Pasillo Este – Espera)

Propuesta de rehabilitación energética

La propuesta de intervención para el área Salud se orientó a optimizar el desempeño térmico mediante estrategias pasivas aplicadas a la envolvente, el control solar y la ventilación selectiva. En cuanto a la envolvente, se planteó el incremento de la resistencia térmica en muros y techos con la incorporación de placas de poliestireno expandido y membranas reflectivas en techos, junto con la mejora en las carpinterías por medio de burletes y celosías exteriores. Estas medidas buscan mitigar el sobrecalentamiento y las pérdidas térmicas invernales, favoreciendo la estabilidad de las temperaturas interiores (Figura 11).

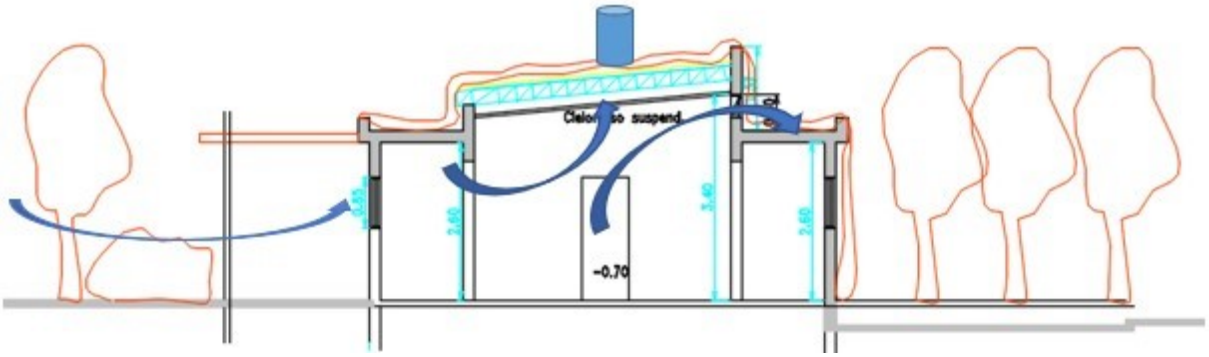


Figura 11: Esquema propuesta integral sector Salud

Para el control solar, se propuso la incorporación de una galería con pérgola en el frente este y forestación estratégica de patios y jardines con especies adaptadas al clima local. Ambas acciones atenúan la radiación solar directa y disminuyen la carga térmica sobre los locales más expuestos (Figura 12a y 12b, 13a y 13b).



(a) *(b)*

Figura 12: Sector Salud Fachada este mejorada (a) Arboles y arbustos, (b)Pérgola zona Espera



(a) *(b)*

Figura 13: Sector Salud Fachada oeste mejorada (a) Celosías madera, (b)Arboles caducos

Finalmente, se planteó la optimización de la ventilación nocturna a través de rejillas en puertas y extractores eólicos regulables en cubiertas de chapa, definiendo horarios específicos de apertura para maximizar la renovación de aire y favorecer el enfriamiento pasivo en consultorios, pasillos y áreas de espera. Dado que los colores exteriores ya son claros, no se consideraron modificaciones en este aspecto

Simulación de la propuesta de rehabilitación

Como resultado de la aplicación de las estrategias de mejora propuestas, las simulaciones evidenciaron reducciones significativas en las temperaturas interiores durante los periodos críticos. En verano, la rehabilitación de la envolvente, junto con dispositivos de sombreado y ventilación nocturna, permitió disminuir entre 3 °C y 4,5 °C las temperaturas máximas en los locales más cálidos, alcanzando valores de 29–31 °C durante las horas de mayor exigencia. En invierno, la mejora del aislamiento elevó las

temperaturas mínimas entre 1,5 °C y 2 °C respecto a la situación base, extendiendo los periodos de confort, especialmente en consultorios y áreas de espera.
Estas mejoras se tradujeron en una menor dependencia de sistemas de climatización artificial y una mayor estabilidad térmica a lo largo del día, logrando que la mayoría de los locales intervenidos alcanzaran o se aproximaran a los rangos de confort definidos. De este modo, la integración de estrategias pasivas se confirma como una herramienta clave para optimizar el comportamiento térmico del edificio y mejorar el bienestar de sus usuarios.

CONCLUSIONES

El presente trabajo abordó el problema del disconfort térmico en el área Salud del CIC Sur de San Fernando del Valle de Catamarca, un edificio público construido sin adecuación a las condiciones bioclimáticas locales.
El diagnóstico, basado en monitoreo higrotérmico y simulación dinámica calibrada, evidenció que los locales permanecen fuera de confort más del 80 % del tiempo. En verano, las temperaturas interiores alcanzan máximos de 33–36 °C y persisten elevadas durante la noche debido a la insuficiente disipación térmica, mientras que en invierno se mantienen por debajo del rango de confort en la mayoría de los ambientes. Estas condiciones generan una marcada dependencia de la climatización artificial para alcanzar niveles aceptables de confort.
La simulación de estrategias pasivas de rehabilitación demostró una mejora significativa: reducción de 3–4,5 °C en las temperaturas máximas estivales y aumento de 1,5–2 °C en las mínimas invernales, acercando a los consultorios y áreas de espera a los rangos de confort establecidos. Además, se logró disminuir la dependencia de sistemas artificiales y se mejoró la estabilidad térmica a lo largo del día.
En síntesis, los resultados confirman que la integración de monitoreo y simulación constituye una metodología sólida y confiable para diagnosticar y fundamentar propuestas de rehabilitación energética. Las medidas pasivas evaluadas representan una estrategia replicable para optimizar el confort y la eficiencia de edificios públicos existentes en climas cálidos-secos, contribuyendo a los objetivos de sostenibilidad y bienestar de los usuarios.

REFERENCIAS

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente. (CEEMA) (2003). Programa para la Determinación del Diagrama de Givoni. Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Tucumán.

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente. (CEEMA) (2003) Programa para la Determinación del Diagrama de Olgyay. Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Tucumán.

Czajkowski, J., Gómez, A., Birche, B., Berardi, R., Basualdo, D., Czajkowski, M. y Basualdo Rapetti, J. (2023). Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables Caso: CIC – Centro Integrador Comunitario "El Nido" Neuquén, Neuquén. Proyecto EUROCLIMA. Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. FAU/ UNLP. La Plata. Argentina.

Czajkowski, J., Gómez, A., Birche, B., Berardi, R., Basualdo, D., Czajkowski, M. y Basualdo Rapetti, J. (2023). Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables Caso: CIC – Centro Integrador Comunitario "Los Pioneros" Chacabuco, Provincia de Buenos Aires. Proyecto EUROCLIMA. Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. FAU/ UNLP. La Plata. Argentina.

Decreto 140 de 2007. Poder Ejecutivo Nacional (P.E.N.) Argentina. Por medio del cual se declaran de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía. Apruebanse los lineamientos del citado programa. 21 de diciembre de 2007.

Esteche, M., Diulio, M. Paz, Gómez, A. (2024) Rehabilitación energética y diseño bioclimático en un jardín maternal en Neuquen, Argentina. Laboratorio de Experimentación Proyectual y Estudios Urbano-Territoriales Universidad Nacional de Río Negro, Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional de La Plata.

Fernandez, A., & Garzón, B. (2025). Estrategias de rehabilitación de aplicación generalizada en muros de CAPS en Tucumán, Argentina. Hábitat Sustentable, 15(1), 44–53. https://doi.org/10.22320/07190700.2025.15.01.04

Flores Larsen, S., Lesino, G. (2000) Simedif 2000: Nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. INENCO, UNSa – CONICET. Salta. Argentina.
López, S. (2008). Implementación del Proyecto Centros Integradores Comunitarios en el Municipio de Berisso. V Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata. FAHCE - UNLP. La Plata. Argentina.
Norma IRAM 11601 (1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11604 (1990). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11605 (1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11659 (2004) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11659-2 (2007) Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas y edificios de vivienda. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
Norma IRAM 11900 (2017) Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
ONU – HABITAT (2022). Guía de Diseño Participativo para una Red de Espacios Públicos en Cancún. México
Molina, C, & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. Revista de la construcción, 11(2), 27-38. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200004

PROPOSAL FOR THE ENERGY RETROFIT OF A HEALTHCARE BUILDING IN CATAMARCA THROUGH HYGROTHERMAL MONITORING AND SIMULATION

ABSTRACT: The construction of public buildings in Argentina seeks to meet social, cultural, and health needs, but often neglects energy and comfort aspects. This study aims to generate technical arguments for the energy rehabilitation of the Health area of the South Community Integration Center (CIC) in San Fernando del Valle de Catamarca, based on a diagnosis using hygrothermal monitoring, thermal simulation with SIMEDIF software, and analysis of bioclimatic strategies. Monitoring showed that the premises remain outside the comfort zone more than 80% of the time, with temperatures between 24°C and 34°C. The simulation, validated by calibration, confirmed these results and allowed improvement scenarios to be projected. The incorporation of thermal insulation in walls and ceilings, solar control devices, night ventilation, and strategic afforestation reduced maximum summer temperatures by between 3°C and 4.5°C in the simulations and increased minimum winter temperatures by up to 2°C, bringing the environments closer to the comfort range. It is concluded that, rather than energy savings—which are moderate in this building—the relevance of the renovation lies in ensuring adequate hygrothermal conditions for users and staff, contributing to the well-being and sustainability of public buildings.

Keywords: energy rehabilitation, hygrothermal comfort, bioclimatic design