

Prueba piloto de mediciones de temperatura interior y consumo energético en Barrio 20 IKI-TUC

Daniel Kozak - Guido Guillen Gutiérrez
Junio, 2024



Índice

1. Introducción	2
2. Etapa 1: Papa Francisco	3
3. Etapa 2: Macizo	9
4. Metodología	12
Relación entre los dataloggers interiores-exteriores.	12
5. Resultados	14
Diferencia de temperatura interior-exterior (ΔT) y rango de confort	15
Etapa 1 - Papa Francisco	15
Etapa 2 - Macizo	21
6. Conclusiones preliminares	23
7. Propuestas para futuras campañas de mediciones	24
8. Referencias	25

1. Introducción

El siguiente informe presenta la metodología, los resultados y las conclusiones de la prueba piloto de mediciones de temperatura interior y consumo de electricidad de equipos de aire acondicionado en viviendas, realizada entre enero y abril de 2024 en Barrio 20, incluyendo los sectores Papa Francisco y "Macizo". El primero es el sector de vivienda nueva surgido del proceso de reurbanización del barrio, con conjuntos habitacionales de trazado y construcción regulares cuyas primeras unidades fueron entregadas en 2018. El "Macizo", en cambio, corresponde al tejido urbano histórico de origen informal, caracterizado por una trama irregular y abigarrada.

El principal objetivo del estudio es comparar la temperatura en espacios interiores contiguos a calles y pasajes con y sin vegetación. En los primeros, la vegetación puede tomar la forma de enredaderas sobre fachadas, árboles y/o arbustos que proyectan sombra sobre la envolvente edilicia y/o suelo absorbente cubierto con gramíneas. En el segundo caso, se trata de calles y pasajes completamente secos, sin sombra provista por vegetación ni nada que se interponga entre la radiación solar y las casas. Complementariamente, también se midió el consumo de electricidad en las viviendas relevadas que cuentan con equipos de aire acondicionado. Las mediciones fueron registradas en dos etapas: la primera en Papa Francisco, durante enero y febrero; y la segunda en el Macizo, durante marzo y abril (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de los termómetros en cada etapa. Fuente: elaboración propia

Se trata de una prueba piloto realizada con el propósito de ajustar aspectos metodológicos y operativos de cara a una campaña de relevamiento de confort térmico de mayor alcance.

Se evaluaron los siguientes indicadores:

- Temperatura interior: promedio, máxima y mínima (°C)
- Temperatura exterior: promedio, máxima y mínima (°C)
- Diferencia de temperatura interior/exterior: ΔT (°C)
- Consumo energético de equipos de aire acondicionado: cantidad de horas de consumo (hs), energía consumida (Kwh), eficiencia energética del equipo (Etiqueta según norma IRAM 62406).

Por último, también se realizó un registro fotográfico de las fachadas durante un mismo día con frecuencia de una hora, con el objetivo de evaluar las horas de sol directo sobre los muros de la envolvente.

El trabajo de campo contó con la participación de Marisa Llanos y Nicolás Vera, vecinos del barrio, miembros del Laboratorio Urbano y colaboradores del proyecto. Previamente al inicio de las mediciones se realizó una jornada de capacitación en la que se discutieron los objetivos y la metodología del estudio. Ellos facilitaron el contacto y los acuerdos con los vecinos que permitieron tomar los registros de temperatura interior en sus viviendas, realizaron visitas intermedias para verificar que los sensores estuvieran registrando correctamente los datos y tomaron las fotografías que ilustran las Figuras 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13 y 15.

2. Etapa 1: Papa Francisco

Esta etapa se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo. Se colocaron 5 termómetros en las siguientes ubicaciones (Tabla 1):

Ubicación	N° Datalogger
1. Pasaje Teresa Rodríguez, Mód 104, PB H	21006701
2. Pasaje Teresa Rodríguez, Mód 104, PB E	21000974
3. Pasaje Florentina Gómez Miranda, Mód 101	21006708
4. Araujo y Frida Kahlo	21006700
5. Frida Kahlo y Corvalán	21006702

Tabla 1. Ubicación de los puntos de medición y número de datalogger asignado. Fuente: elaboración propia

Las primeras 3 mediciones se realizaron en intervalos de tiempo simultáneo (del 5/02 al 26/02).

El termómetro ubicado en el Pasaje Teresa Rodríguez, Módulo 104, Depto. PB H tomó registros desde el 5/2 hasta el 5/03, durante 29 días corridos con una frecuencia de registros cada un minuto. La temperatura promedio registrada fue de 25,06°C, con un máximo de 29.3°C y un mínimo de 21.58°C (Figura 2).

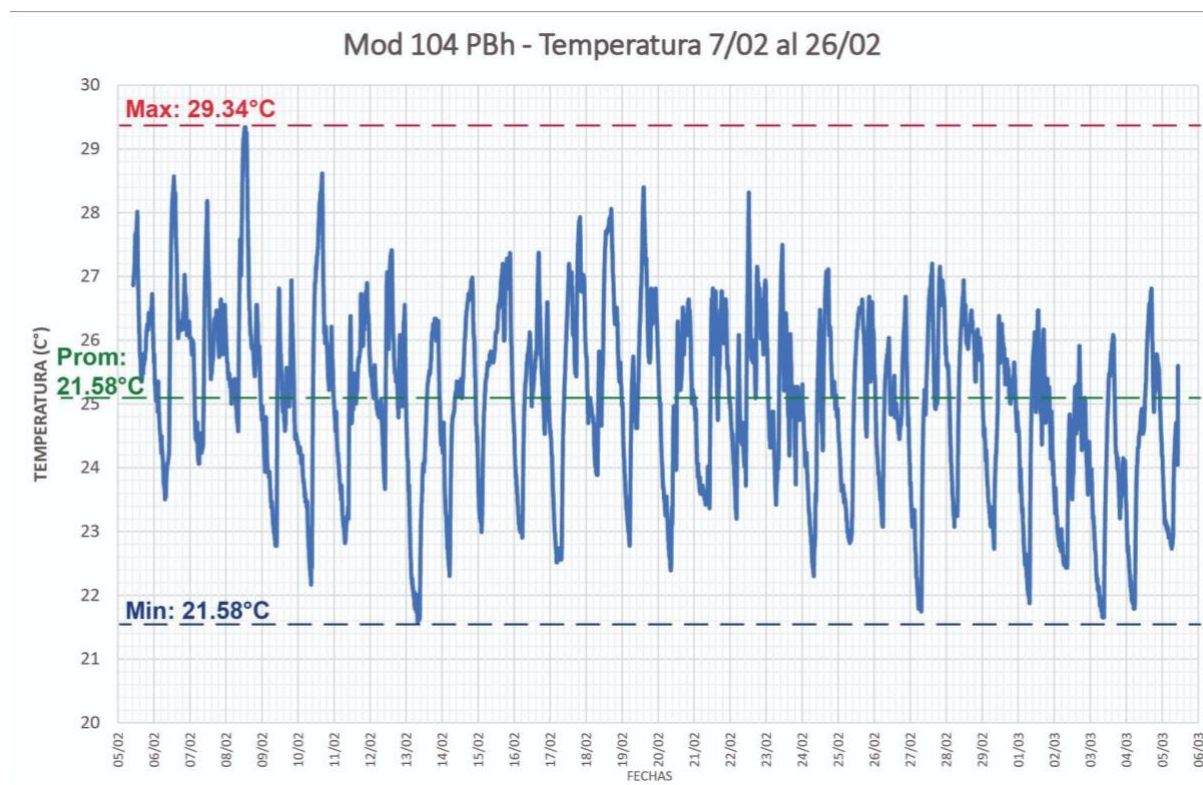


Figura 2. Registros de temperatura del Pje. Teresa Rodríguez, Módulo 104, Depto. PB H. Fuente: elaboración propia

Respecto al consumo energético, el equipo de aire acondicionado se mantuvo encendido durante 978 horas acumuladas, con un consumo total de 495,7 Kwh. El equipo, marca Top House tiene una etiqueta en eficiencia energética A, según la norma IRAM 62406. En el registro fotográfico realizado el 8/01/24 se observa que si bien la fachada completa del Módulo 104 en esta orientación recibe sol directo durante 6 horas, desde aproximadamente las 8:00 hasta las 13:00, el departamento evaluado (PB H) se encuentra protegido de la radiación solar directa prácticamente la totalidad del tiempo (Figura 3).

1. MOD 104 PB h



Figura 3. Asoleamiento de la fachada Pasaje Teresa Rodríguez, Módulo 104, Depto. PB H, 8/01/24. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el Pasaje Teresa Rodríguez, Módulo 104, Depto. PB E registró desde el 7/02 hasta el 5/03, durante 27 días corridos con una frecuencia de 30 minutos entre mediciones. La temperatura promedio registrada es de 25,77°C, con un máximo de 32.73°C y un mínimo de 20.93°C (Ver Figura 4).

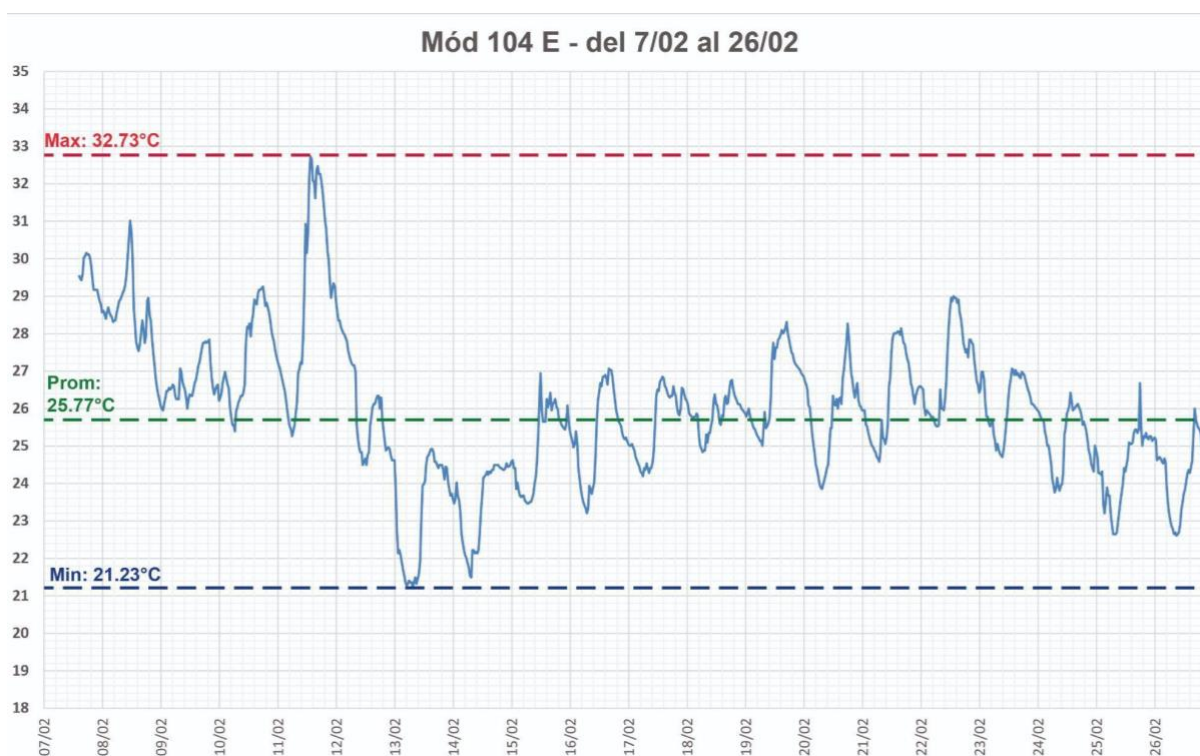


Figura 4. Registros de temperatura del Módulo 104 PB E. Fuente: elaboración propia

El equipo de aire acondicionado, marca Daewoo tiene un etiquetado B, se mantuvo prendido durante 644.5 horas, con un consumo total de 283,3 Kwh. Por otro lado, al igual que en el caso anterior, la fachada completa recibe sol directo 6 horas (se trata de la misma fachada), desde las 7am hasta el

mediodía. Sin embargo el depto. PB E tiene significativamente menos sombra proyectada por vegetación que el depto. PB H y recibe radiación parcial desde las 9am hasta las 12pm (Figura 5).

2. Mód 104 E



Figura 5. Asoleamiento de la fachada Módulo 104, Depto. PB E, 8/01/24. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el Pasaje Florentina Gómez Miranda, Módulo 101 registró desde el 5/02 al 26/02, durante 21 días corridos, con una frecuencia de registro cada un minuto. La temperatura promedio registrada es de 26,49°C, con un máximo de 31,27°C y un mínimo de 20,5°C (Figura 6).

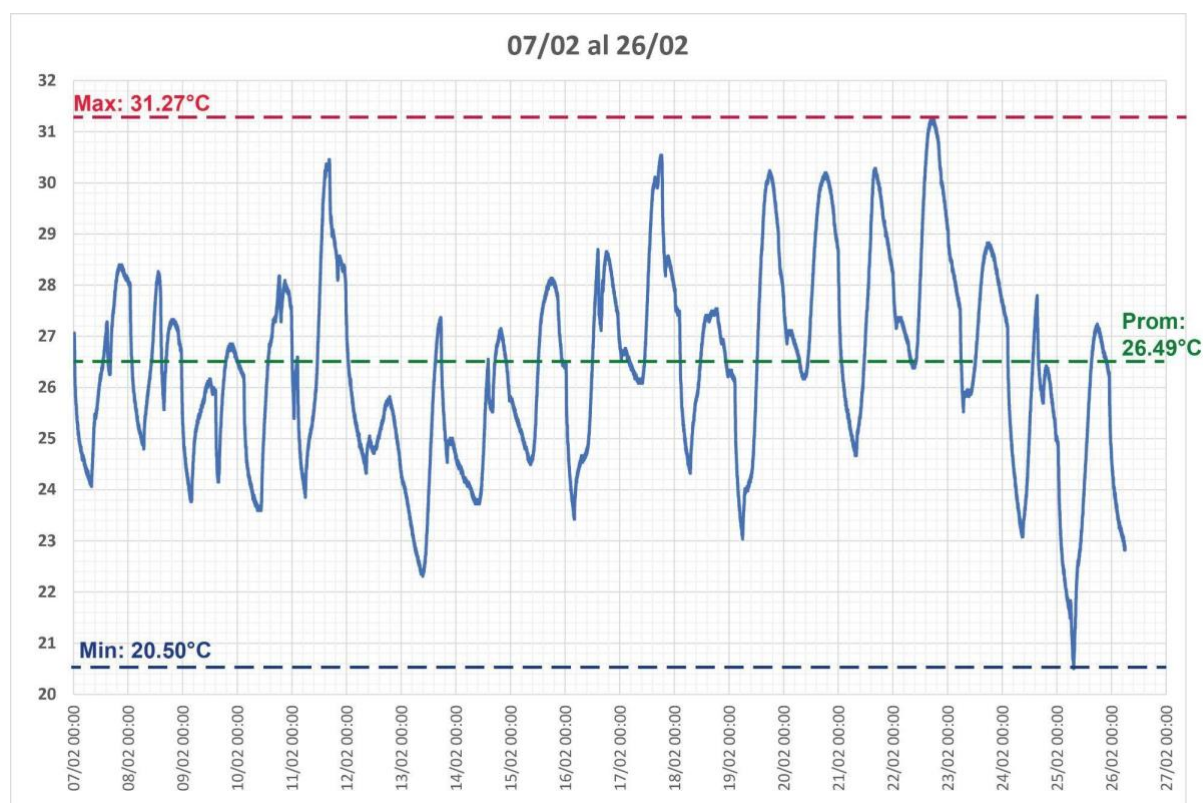


Figura 6. Registros de temperatura del Pje. Florentina Gómez Miranda, Módulo 101. Fuente: elaboración propia

El equipo de aire acondicionado es de etiqueta A, modelo Hitachi. El medidor registró que se mantuvo encendido durante 1285 horas, con un consumo total de 125 kWh. Es importante aclarar que el

medidor no pudo ser retirado junto con el termómetro, debido a una confusión en el momento de recolección del instrumental, y fue devuelto varios días después. Considerando la alta cantidad de horas de uso y el bajo consumo, es posible que el medidor haya estado conectado a otro aparato eléctrico, lo que explicaría esta diferencia entre horas de uso y consumo en comparación con el resto de los casos. Con lo cual, no es posible utilizar estos datos para la comparación.

La fachada recibe 6 horas de radiación solar, desde aproximadamente las 7am hasta el mediodía, sin ningún tipo de sombra ni atenuante, en un entorno completamente seco (Figura 7).

3. Florentino Gomez Miranda - 8 de enero



Figura 7. Asoleamiento de la fachada Pje. Florentina Gómez Miranda, 8/01/24. Fuente: elaboración propia

El siguiente termómetro se ubicó en **Araujo y Frida Kahlo**. Permaneció instalado desde el 12/01 hasta el 5/02: un total de 24 días, con una frecuencia de registros de 30 minutos. El promedio de temperatura fue de 29.18°C, con un máximo de 36.68°C y un mínimo de 24,6°C. Este termómetro fue el único de esta etapa que registró temperaturas durante las semanas de verano con registros altos (Figura 8).

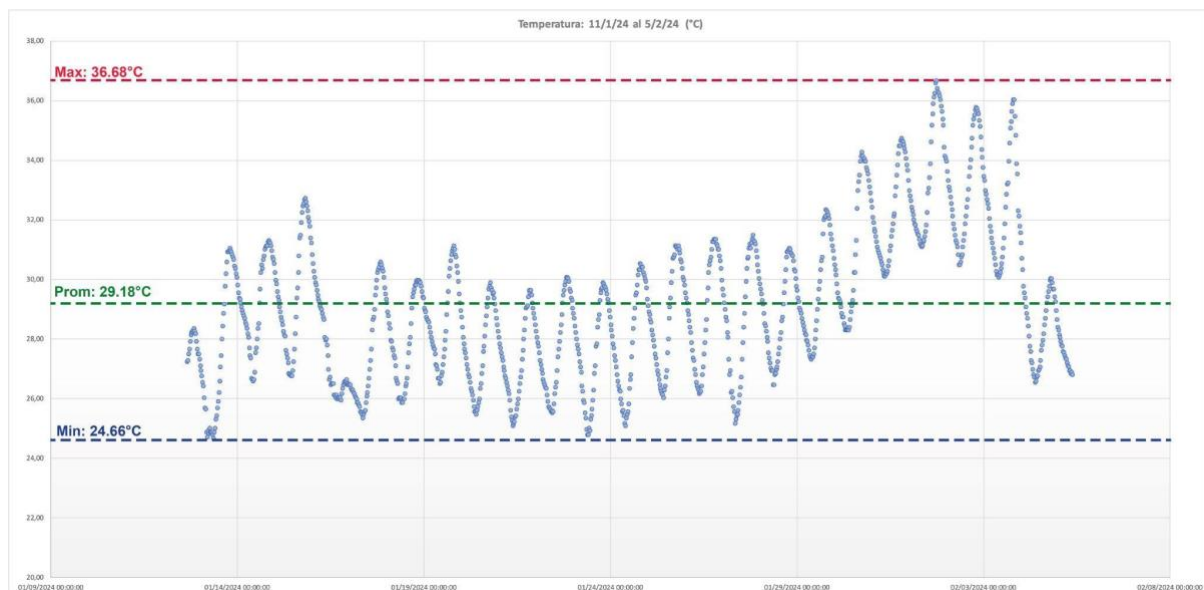


Figura 8. Registro de temperatura de Araujo y Frida Kahlo. Fuente: elaboración propia

Esta vivienda no cuenta con equipo de aire acondicionado, por lo que no se realizó el monitoreo de consumo del equipo de refrigeración.

Respecto al asoleamiento, la fachada se encuentra expuesta a sol directo durante 7hs, desde el mediodía hasta las 18hs aproximadamente, al igual que en el caso anterior, sin ningún tipo de sombra ni atenuante, en un entorno completamente seco (Figura 9).

4. Araujo y Frida Khalo - 8 de enero



Figura 9. Asoleamiento de la fachada de Araujo y Frida Kahlo, 8/01/24. Fuente: elaboración propia

El último termómetro ubicado en esta etapa se colocó en **Frida Kahlo y Corvalán** desde el 11/01 hasta el 5/02. Debido a una falla del instrumental, no tomó registros. Con respecto al asoleamiento, se registró que la fachada recibe sol directo durante 5 horas, desde el mediodía hasta las 17hs aproximadamente. Al igual que en el primer caso (Pje. T. Rodríguez, Módulo 104, Depto. PB H) se encuentra protegido de la radiación solar directa prácticamente la totalidad del tiempo por una frondosa vegetación (Figura 10).

5- Frida Khalo y Corvalán



Figura 10. Asoleamiento de la fachada de Frida Kahlo y Corvalán, 8/01/24. Fuente: elaboración propia

En el Anexo 1 se presentan las fichas síntesis de cada uno de los casos de esta etapa.

3. Etapa 2: Macizo

La segunda etapa consistió en la ubicación de cuatro termómetros durante los meses de marzo y abril. Se ubicaron en las siguientes posiciones (Tabla 2):

Ubicación	N° Datalogger
1. Manzana 19 (Vecino con cartelería por intervención. Pared al sol)	21006700
2. Manzana 19 (frente a CPI)	21006702
3. Manzana 19 casa 5d	21006701
4. Manzana 10. Pola 3966	21006708

Tabla 2. Ubicación de los puntos de medición y número de datalogger asignado. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Manzana 19 (cartelería)** no tomó registros de temperatura debido a una falla de instrumental. Respecto al asoleamiento, la fachada recibe 3 horas de sol desde las 15hs hasta las 18hs aprox. Pero la vivienda se encuentra parcialmente protegida de la radiación solar por un cantero con plantas trepadoras sobre la fachada. Las imágenes faltantes (8am y 10am) no fueron tomadas por una confusión en el momento del relevamiento (Figura 11)



Figura 11. Asoleamiento de la fachada de Manzana 19 (vecino con cartelería por intervención), 22/03/24. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Manzana 19 frente a CPI** no pudo ser recuperado debido a que el vecino que oficiaba como contacto, se mudó de la vivienda y no pudo volver a ser contactado. Como consecuencia de su orientación, y la sombra proyectada por las edificaciones vecinas, la fachada no recibe radiación directa durante el día del registro (Figura 12)

2. Manzana 19 frente a CPI - 7/03



Figura 12. Asoleamiento de la fachada de Manzana 19 (frente a CPI), 22/03/24. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Manzana 19 casa 5d** solamente recolectó mediciones durante 2 días (del 5/03 al 7/03) y luego se interrumpió, por lo que no fue posible realizar un registro preciso. Respecto al asoleamiento de la fachada, la misma recibe sol directo durante 5 horas, desde las 9 am hasta las 14hs. No quedó registro del asoleamiento a las 14hs (Figura 13)

3. Manzana 19 casa 5d



Figura 13. Asoleamiento de la fachada de Manzana 19 (casa 5d), 22/03/24. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Manzana 10. Pola 3966** registró temperaturas durante 44 días, del 5/03 al 18/04, y con una frecuencia de registros cada 30 minutos. El promedio de temperatura fue de 23°C, con un máximo de 32,22°C y un mínimo de 15,10°C (Figura 14).

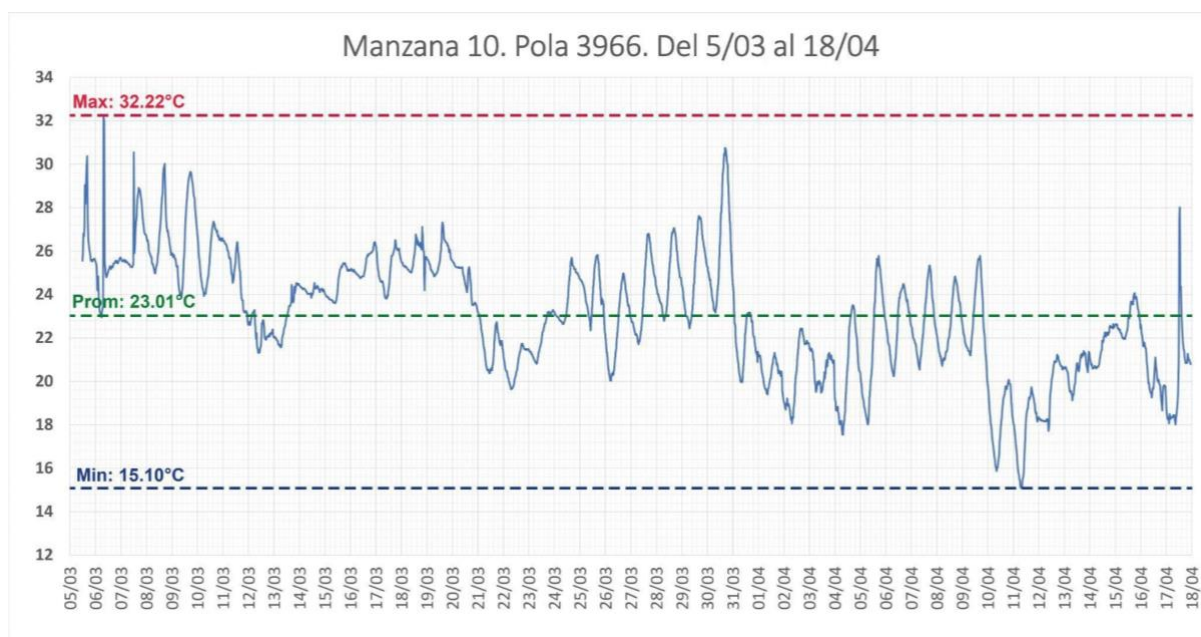


Figura 14. Registros de temperatura de Pola 3966. Fuente: elaboración propia

Este caso, la vivienda no cuenta con equipo de aire acondicionado, por lo que no se tomaron mediciones de consumo energético. El registro de asoleamiento se realizó hasta las 15hs, sin contar hasta ese momento con radiación solar directa sobre la fachada (Figura 15).

5. Manzana 10. Pola 3966



Figura 15. Asoleamiento de la fachada de Pola 3966, 22/03/24. Fuente: elaboración propia

En el **Anexo 2** se presentan las fichas síntesis de los casos de esta etapa.

4. Metodología

Para las mediciones de temperatura se utilizaron sensores tipo Hobo, fabricados por Onset Computer Corporation (2019), modelo UX- 100 01 Temp, que miden la temperatura en intervalos programados.

Se situaron por encima de los 1,50m de altura. Esto permite incluir en la medición el aire a la altura de los ocupantes o que influya la radiación, aunque sea parcialmente, de todas las superficies del espacio. En la práctica, considerando la ocupación de los locales sometidos a medición, se ubicaron los instrumentos sobre el muro para que no se modifique el uso.

Para monitorear el consumo eléctrico se utilizó el modelo Anthay MC 10. El dispositivo registra el tiempo acumulado, en días y horas, en el que circula corriente eléctrica entre el toma y el enchufe del aparato medido, además de la medición de su consumo eléctrico en Kwh (Figura 16).



Figura 16. Izquierda: Modelo de datalogger utilizado para los registros de temperatura. Centro: lado posterior del datalogger, que se pega al paramento. Derecha: medidor de consumo eléctrico. Fuente: elaboración propia

Relación entre los dataloggers interiores-exteriores.

Para realizar las comparaciones entre las temperaturas interiores y exteriores se utilizaron los datos provistos por la Gerencia Operativa de Datos Territoriales de la Dirección de Antropología Urbana de la Ciudad de Buenos Aires. Los registros que toman estos sensores ambientales incluyen temperatura y humedad relativa, con una frecuencia de registro horaria (Figura 17). Cuentan con una carcasa que los protege del deterioro generado por el clima y, además, con una reja para prevenir el vandalismo.



Figura 17. Termómetro Exterior ubicado en el Pasaje Teresa Rodríguez. Fuente: Gerencia Operativa de Datos Territoriales

Hasta la fecha, se han instalado diez termómetros exteriores con el propósito de cubrir la mayor variedad de situaciones espaciales y lograr una distribución representativa del barrio (Figura 18).

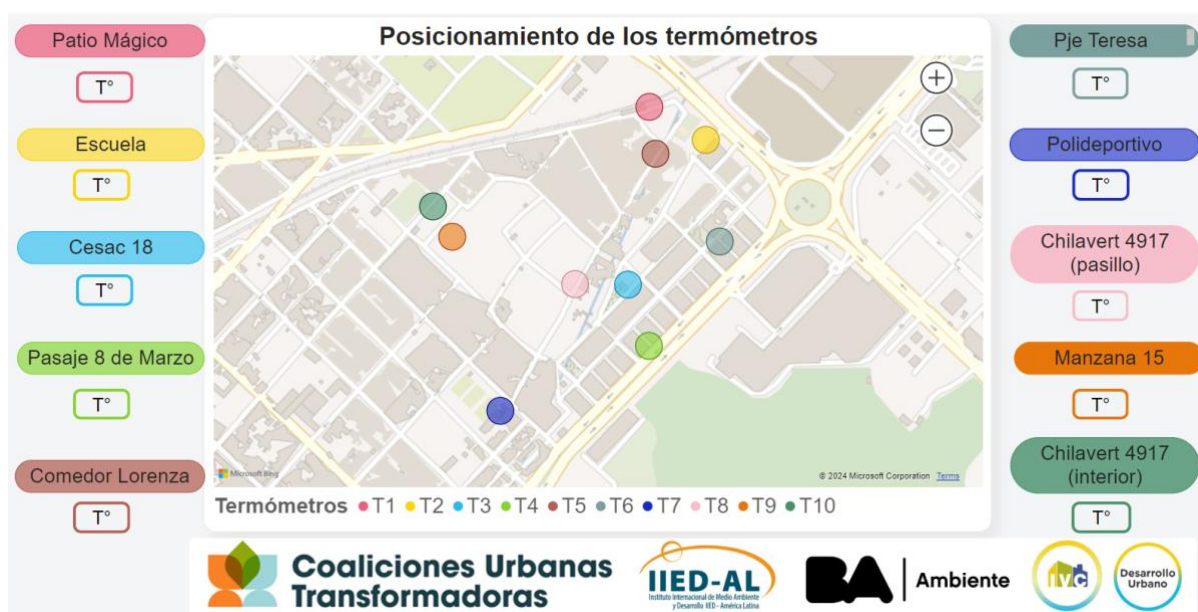


Figura 18. Ubicación de los termómetros exteriores. Fuente: Gerencia Operativa de Generación de Datos Territoriales. Dirección General de Antropología Urbana

Considerando la proximidad a los casos de estudio se definieron los termómetros exteriores con los cuales se realizaría la comparación. En la Tabla 3, se especifica la relación establecida:

Termómetro Interior	Termómetro Exterior
Etapa 1: PAPA FRANCISCO	
1. Mód 104. PB H	Pje Teresa Rodríguez
2. Mód 104 E	Pje Teresa Rodríguez
3. Pasaje Florentina Gómez Miranda. Mód 101	Pje Teresa Rodríguez
4. Araujo y Frida	Pje Teresa Rodríguez
Etapa 2: Macizo	
5. Pola	Polideportivo

Tabla 3. Relación entre los termómetros interiores y las mediciones exteriores. Fuente: elaboración propia

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones basados en el cruce de dos variables: las mediciones de temperatura interiores y las registradas por los termómetros exteriores. Se han definido dos gráficos principales para analizar estos datos.

a- Relación entre Diferencias de Temperatura y Consumo Energético: El primer gráfico relaciona las diferencias de temperatura (ΔT) entre el interior y el exterior del edificio. Este análisis permite comprender el comportamiento térmico del edificio y su relación con el consumo energético. Al estudiar cómo varía la temperatura interna en relación con la externa, se puede identificar la eficiencia térmica del edificio y su impacto en el consumo de energía.

b- Parámetro de Confort Basado en el Modelo de Confort Adaptativo: El segundo gráfico utiliza el modelo de confort adaptativo para definir un parámetro de confort. Este modelo se basa en la premisa de que las personas pueden adaptarse a una variedad de condiciones térmicas a través de comportamientos, expectativas y ajustes físicos, siempre que tengan maneras de interactuar con el entorno (de Dear et al., 2013). A diferencia de otros estándares de medición de confort térmico, que asumen que existe una temperatura óptima fija para todos los individuos (como el modelo de Voto Predictivo Medio desarrollado por Fanger en 1970), el modelo de confort adaptativo reconoce que el confort térmico es dinámico y depende de la interacción de los ocupantes con su entorno. Por ejemplo, en un edificio ventilado naturalmente, los ocupantes pueden abrir ventanas, ajustar persianas o cambiar su vestimenta para adaptarse a las condiciones térmicas interiores. Estos

comportamientos adaptativos permiten que los ocupantes se sientan cómodos en un rango más amplio de temperaturas interiores en comparación con los modelos tradicionales, que no consideran estas adaptaciones personales (Pathirana et al., 2019).

Además, el desarrollo de modelos de confort térmico adaptativo considera factores como la adaptación térmica humana, que incluye la aclimatación fisiológica y psicológica a las condiciones térmicas del entorno. Esto es crucial para evaluar los entornos térmicos interiores en edificios reales, ya que proporciona una evaluación más realista y dinámica del confort térmico, ajustándose a las condiciones y comportamientos de los ocupantes (Yu et al., 2017).

Diferencia de temperatura interior-exterior (ΔT) y rango de confort

Etapa 1 - Papa Francisco

El Pje. Teresa Rodríguez, Módulo 104, PB H: El promedio de diferencia de temperatura durante el período analizado (ΔT) es de 2.56°C (Ver Figura 19). La temperatura exterior promedio es de 25.65°C (+0.59°C que el promedio interior), con un máximo de 35.52°C (+6,18°C que el máximo interior) y un mínimo de 14,10°C (-7,48°C que el mínimo interior).

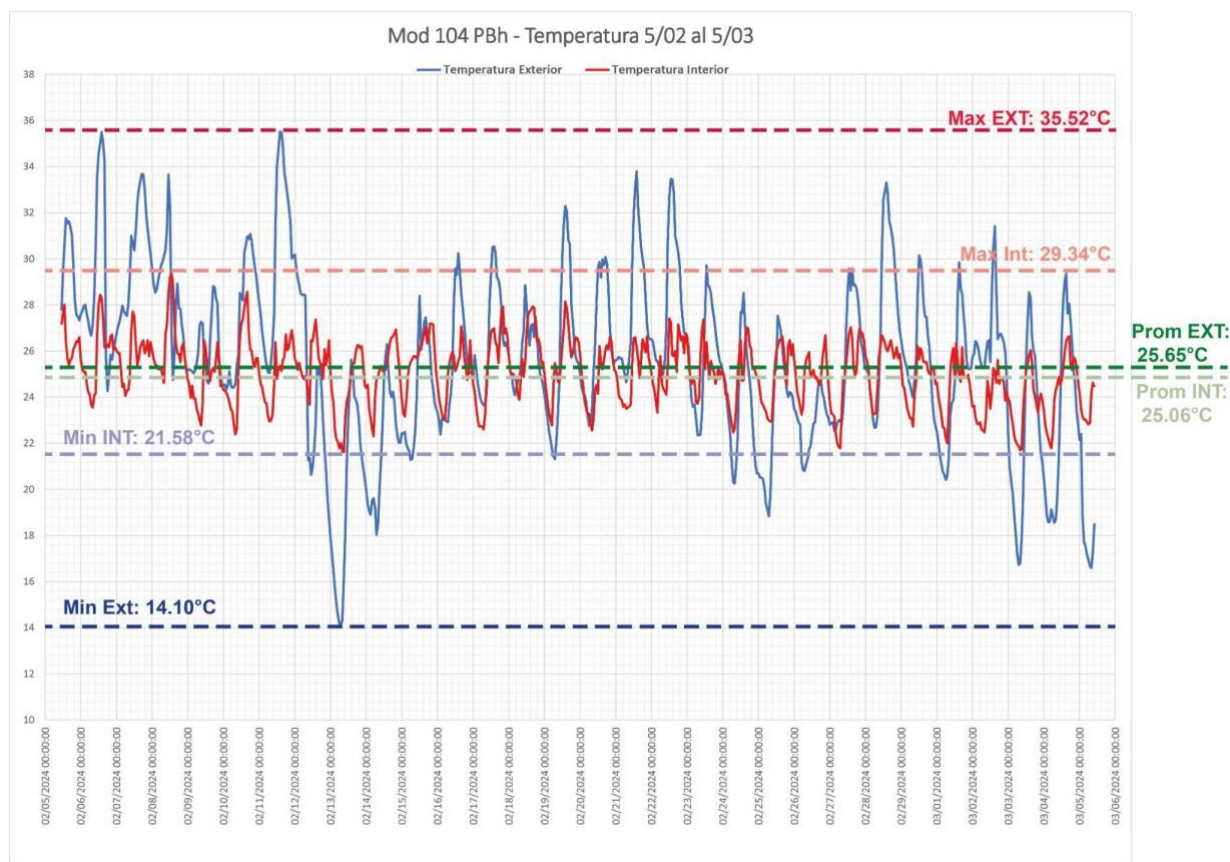


Figura 19. Cuadro comparativo de mediciones interiores (rojo) y exteriores (azul) del Pje. Teresa Rodríguez Módulo 104 PB H. Fuente: elaboración propia

Respecto al confort, el gráfico presenta un 95% de las mediciones dentro del rango de confort adaptativo (Figura 20). En su mayoría, aquellas mediciones por fuera de los rangos establecidos se ubican por debajo de los límites. Sin embargo, es un porcentaje menor de las mediciones (inferior al 5%).

Por último, es importante señalar que las buenas condiciones de confort tienen relación con el alto consumo energético registrado (495.7Kwh).

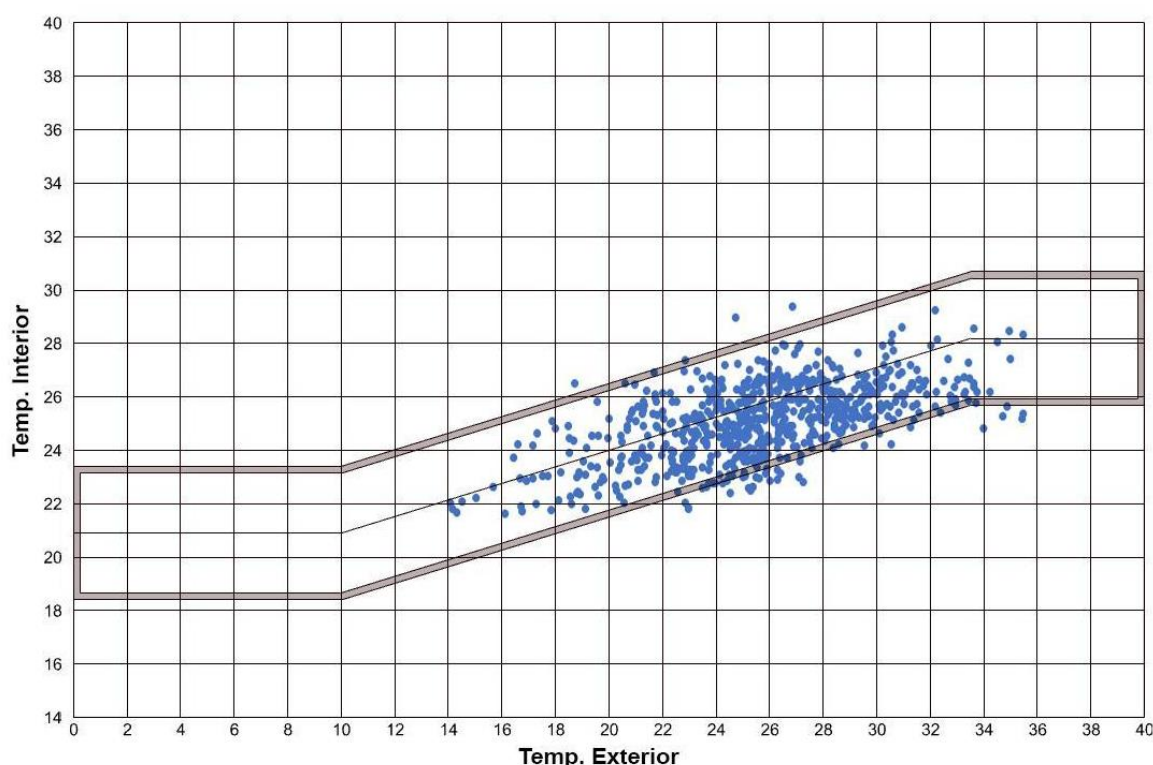


Figura 20. Cuadro de confort adaptativo del Pje. Teresa Rodríguez Módulo 104 PB H. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Pje. Teresa Rodríguez Módulo 104 E** tiene una diferencia promedio de temperaturas de 1.77°C (Figura 21). La temperatura promedio exterior registrada es de 25,37° (-0,4°C respecto al interior), con un máximo de 35,5°C (+2.79°C que el máximo interior), y un mínimo de 14,10°C (-6,83°C que el mínimo interior).

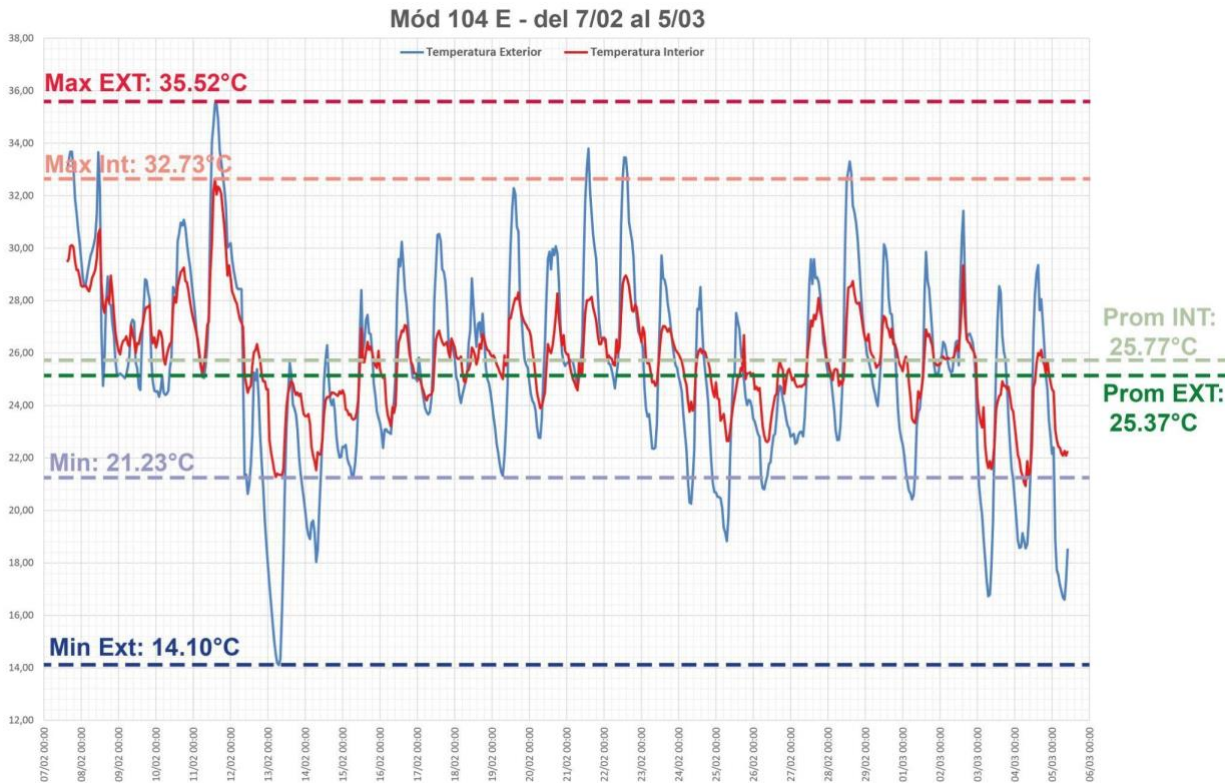


Figura 21. Cuadro comparativo de mediciones interiores (rojo) y exteriores (azul) del Pje. Teresa Rodríguez Módulo 104 PB E. Fuente: elaboración propia

Respecto al confort, el gráfico muestra que más del 96% de las mediciones se encuentran dentro de los rangos de confort adaptativo (Figura 22). Esto se relaciona, al igual que el caso anterior, con el uso de equipo de refrigeración (un consumo total de 283,3 Kwh).

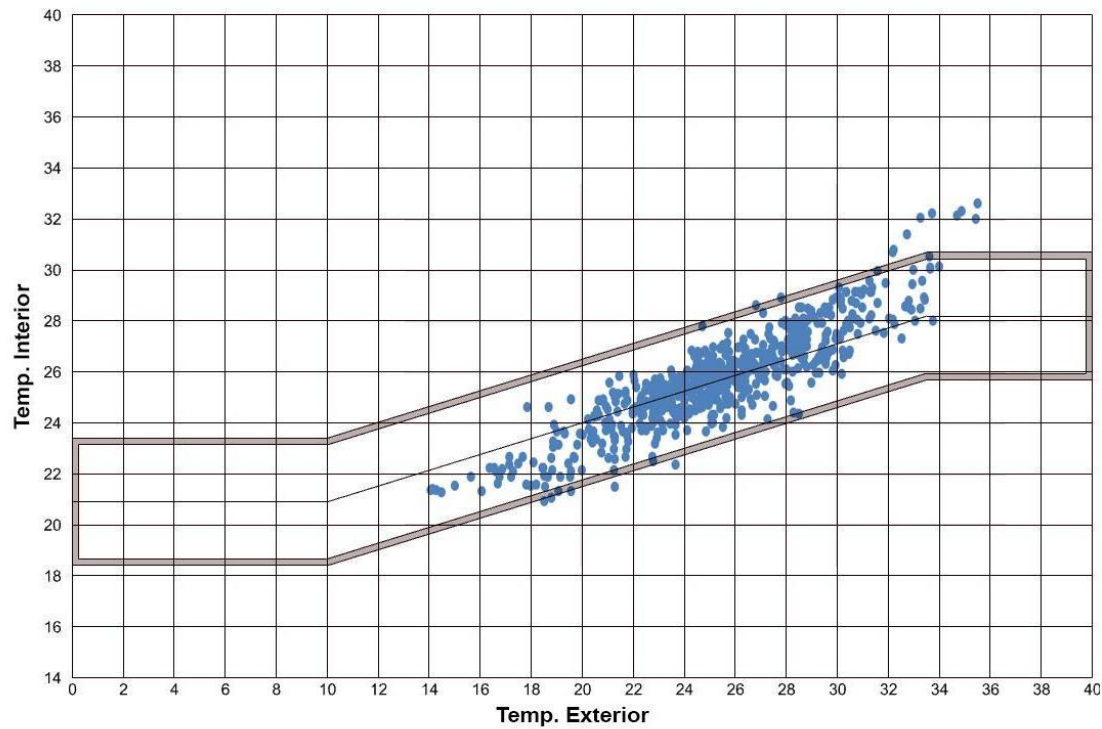


Figura 22. Cuadro de confort adaptativo del Pje. Teresa Rodríguez Módulo 104 E. Fuente: elaboración propia

El termómetro ubicado en el **Pasaje Florentina Gómez Miranda (Módulo 101)** tiene una diferencia promedio de temperatura con el exterior de 2.41°C (Figura 23). La temperatura promedio exterior es de 26.09°C (-0.4°C que el promedio interior), con un máximo de $35,52^{\circ}\text{C}$ ($+4.27^{\circ}\text{C}$ que el máximo interior) y un mínimo de $14,10^{\circ}\text{C}$ ($-6,4^{\circ}\text{C}$ que el mínimo interior).

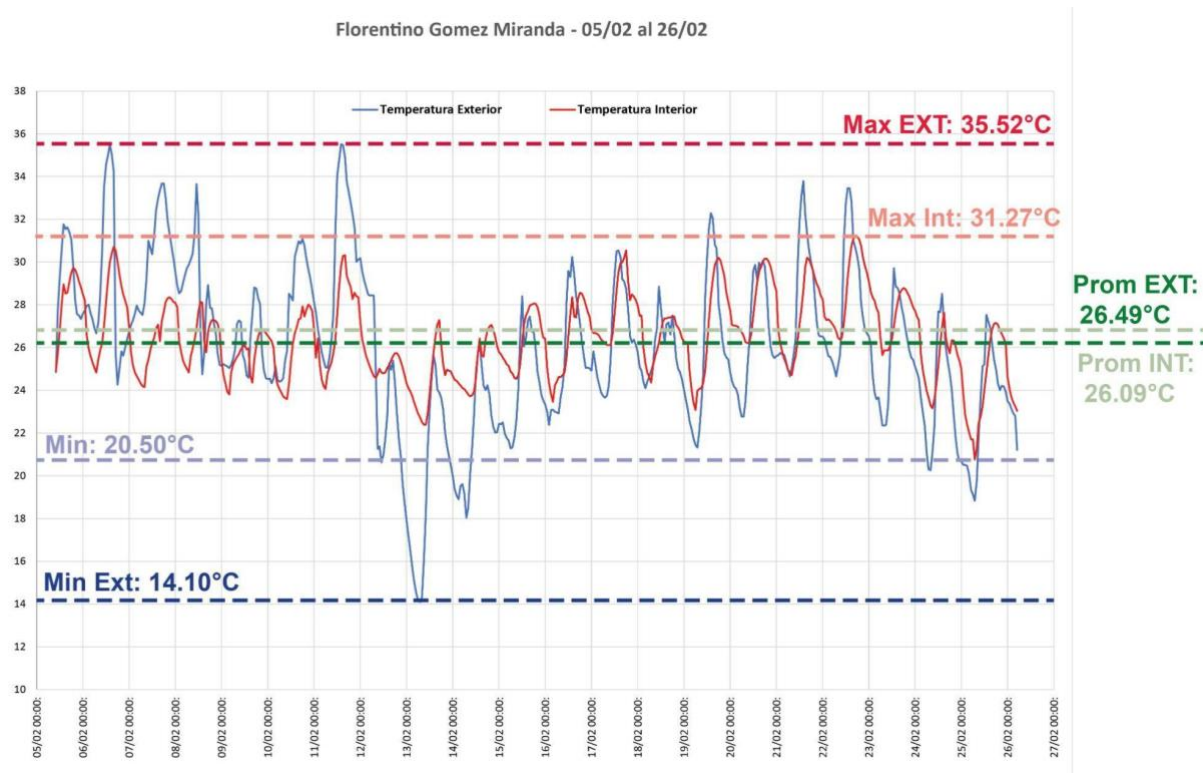


Figura 23. Cuadro comparativo de mediciones interiores (rojo) y exteriores (azul) del Pje. Florentina Gómez Miranda. Fuente: elaboración propia

Respecto al confort y al consumo energético, se puede observar que el 13% de las mediciones se encuentran fuera del rango de confort adaptativo, específicamente en el rango superior de la banda de confort (Figura 24). En este caso, el consumo energético es menor que en los otros dos casos anteriores. Sin embargo, es importante señalar que, debido a que no se pudo retirar el medidor de consumo al mismo tiempo que el datalogger, y no se pudo confirmar si durante ese tiempo se mantuvo conectado al equipo de aire acondicionado, es necesario considerar el dato de consumo como orientativo y no preciso.

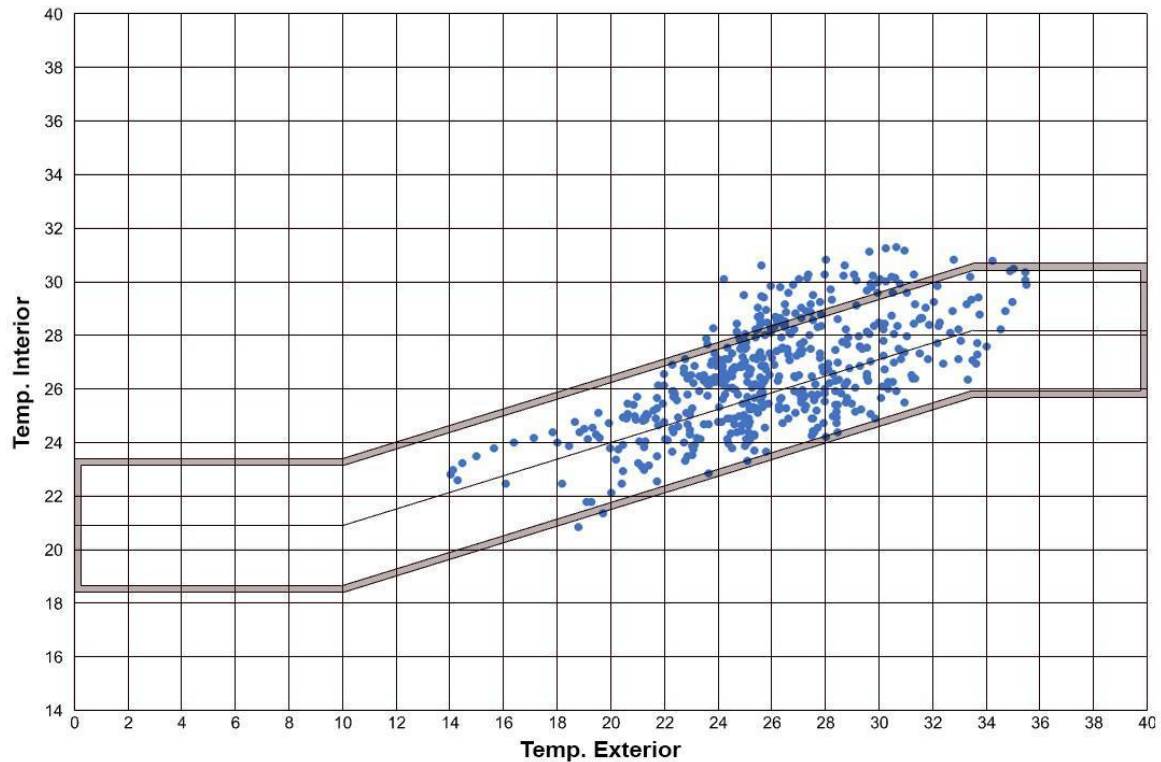


Figura 24. Cuadro de confort adaptativo del Pje. Florentina Gómez Miranda. Fuente: elaboración propia

Etapas 2 - Macizo

En la **Etapas 2- Macizo**, se trabajó con las mediciones de **Pola 3966**. La diferencia promedio de temperatura es de 1.60°C. Este valor, menor a los casos de la etapa anterior, está relacionado con la falta de un equipo de aire acondicionado y que, el acondicionamiento interior depende de los medios pasivos que produce el edificio.

La temperatura exterior promedio es de 22,64°C (-0,37°C que el promedio interior), con un máximo de 34,35°C (+2,1°C que el máximo interior) y un mínimo de 13,18°C (-1,92°C que el mínimo interior).

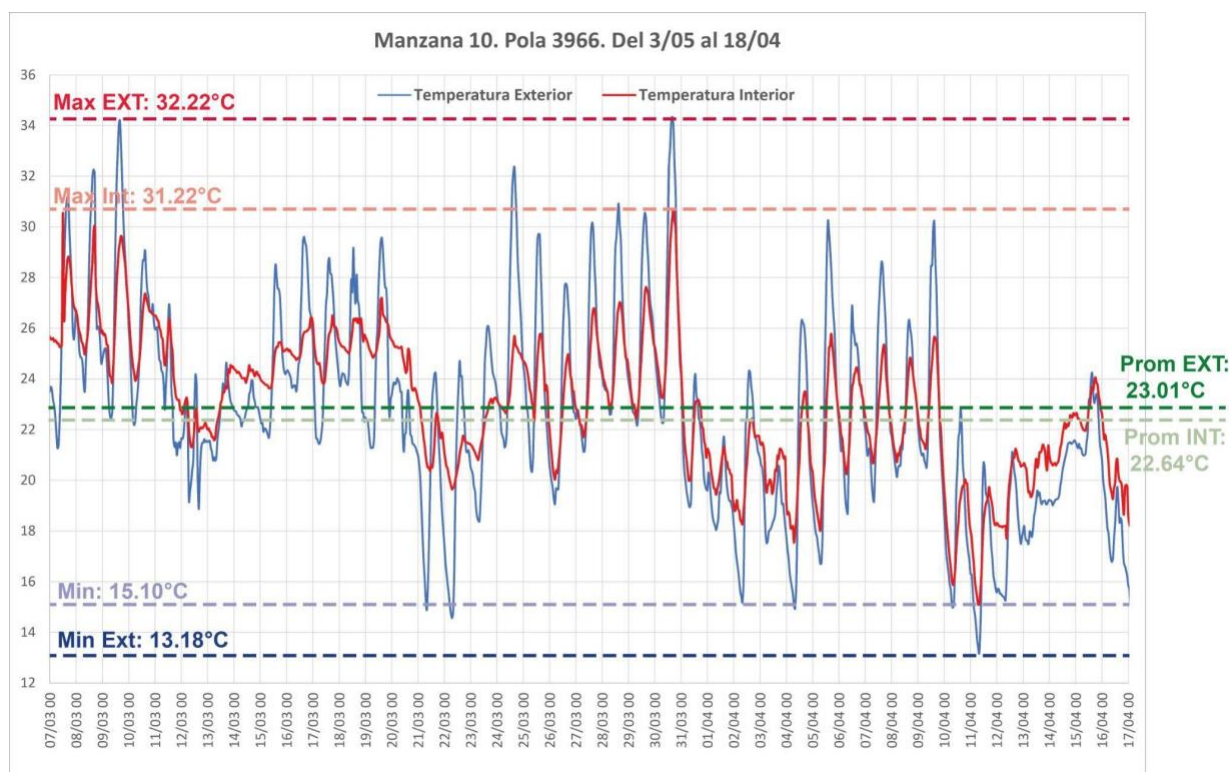


Figura 25. Cuadro comparativo de mediciones interiores (rojo) y exteriores (azul) de Pola 3966. Fuente: elaboración propia

Respecto al confort, se observa que un 35% de las mediciones se encuentra por debajo del rango de confort adaptativo. Esto ocurre porque el confort depende del comportamiento térmico de la envolvente del edificio, la cual, al no tener aislamiento en muros o techos, intercambia calor de manera directa con el entorno (Figura 26).

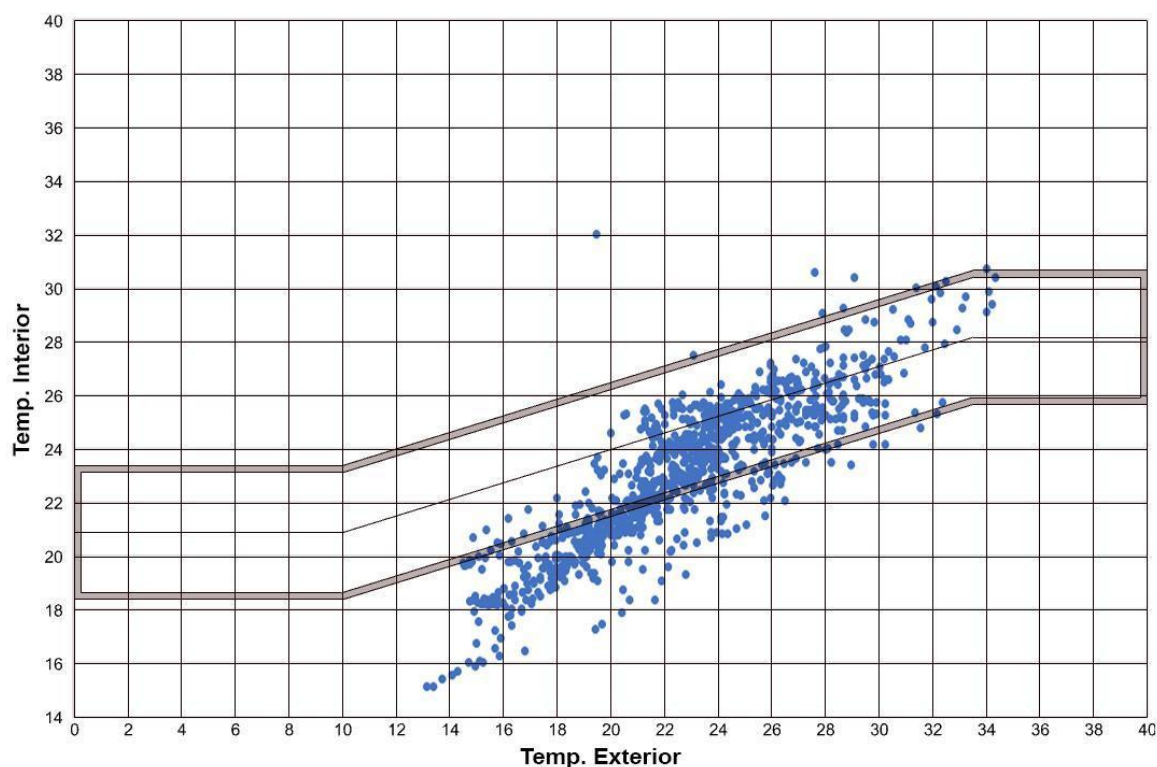


Figura 26. Cuadro de confort adaptativo de Pola 3966. Fuente: elaboración propia

6. Conclusiones preliminares

De los cinco casos efectivamente relevados (4 en la etapa Papa Francisco: Pasaje Teresa Rodríguez, Mód 104, PB H; Pasaje Teresa Rodríguez, Mód 104, PB E; Pasaje Florentina Gómez Miranda, Mód 101; Araujo y Frida Kahlo; y 1 en la Etapa Macizo: Pola), solo es posible realizar comparaciones directas entre los dos ubicados en el Pasaje Teresa Rodríguez. Esto se debe a que las mediciones fueron tomadas sincrónicamente en el mismo período de tiempo –y, consecuentemente, con la misma temperatura exterior– en viviendas similares, con la misma orientación y transmitancia térmica de su envolvente, y con equipos de aire acondicionado hasta cierto punto equivalentes. Ambos casos registran un muy buen desempeño térmico, con casi la totalidad de los registros dentro del rango de confort adaptativo definido. Se trata de viviendas contiguas a espacios verdes, con buena protección solar. También, en ambos casos se registra el uso de aire acondicionado elevado, tanto en términos de consumo eléctrico como en horas de funcionamiento.

La selección de estos dos casos se hizo en tándem con el caso 3 (Pasaje Florentina Gómez Miranda, Mód 101), ya que se trata del mismo tipo de construcción (con el mismo coeficiente de transmitancia térmica en la envolvente); la misma orientación y ubicación en PB; y la existencia de un equipo de aire acondicionado similar. La principal diferencia entre los casos del Pasaje Teresa Rodríguez, por un lado, y el Pje. Gómez Miranda, por el otro, es que en el caso de la vivienda en el Pasaje Gómez Miranda no existe vegetación ni ningún atenuante para la radiación solar. Si bien los registros de temperatura de

este caso son significativamente mayores que en los dos primeros, con un 13% de las mediciones fuera del rango de confort adaptativo, no es posible compararlos en forma directa ya que no tenemos certeza de cuál fue el uso de aire acondicionado en esta vivienda.

El cuarto caso, la vivienda en Araujo y Frida Kahlo, permite reparar en la gravedad de los efectos de la isla de calor en el barrio. Se trata de una vivienda que recibe sol directo durante toda la tarde, sin ningún tipo de sombra ni atenuante, en un entorno completamente seco. Es el único caso que pudo medirse durante una ola de calor (tres semanas antes que las mediciones del resto de la etapa Papa Francisco), y por ese motivo no es directamente comparable con el resto. Sin embargo, los valores de temperatura interior registrados allí, con un pico de 36.68°C y un promedio de 29.18°C, son lo suficientemente contundentes como para poder evaluar este caso por sí mismo y concluir que hacen falta tomar medidas concretas para mejorar sus condiciones de habitabilidad. La selección de este caso se realizó en tándem con la vivienda en Frida Kahlo y Corvalán (con la misma orientación, ubicación en PB y transmitancia térmica, pero con profusa vegetación, como puede verse en la Figura 10), pero desafortunadamente no se obtuvieron registros de temperaturas allí.

Finalmente, el único caso que pudo ser efectivamente relevado en el Macizo, la vivienda en la calle Pola, no pudo ser comparada con las otras viviendas que se intentaron medir en condiciones equivalentes en el mismo período de tiempo (ya en marzo, con temperaturas significativamente más bajas). Sin embargo, observando este caso también se pueden extraer algunas conclusiones y sobre todo reparar en las falencias de su envolvente edilicia. Con un 35% de las mediciones fuera del rango de confort adaptativo, es evidente que una mejora en los muros, techos y aberturas de esta vivienda, incorporando aislación térmica y optimizando su estanqueidad, lograría una significativa mejora en su rendimiento.

Dado que se trata de un estudio piloto con una muestra acotada de casos, estas conclusiones preliminares permiten ajustar la metodología y las preguntas de investigación para obtener resultados más concluyentes.

7. Propuestas para futuras campañas de mediciones

Las pruebas piloto realizadas han permitido identificar varias áreas clave para optimizar los próximos estudios de acondicionamiento térmico y mejorar la calidad de los datos recolectados. A continuación, se presentan las propuestas para futuros estudios de confort térmico:

1. **Mejora en la conectividad y funcionamiento de los equipos:** para garantizar la continuidad y precisión de los registros, es fundamental verificar la conexión Bluetooth y el funcionamiento de los termómetros y dataloggers antes de su instalación. Se recomienda realizar pruebas previas y considerar el uso de equipos de respaldo. Esta medida asegurará que todos los instrumentos estén operativos y evitará la pérdida de datos.
2. **Unificación de la frecuencia de registros:** para optimizar el proceso de análisis de datos, se define que la frecuencia de registros óptima es de 30 minutos. Esta unificación permitirá obtener variaciones significativas y frecuentes, mejorando la compaginación con las

mediciones exteriores. La consistencia en la frecuencia de registros reducirá el tiempo dedicado al filtrado de datos y eliminará registros innecesarios, como se observó con las diferencias de frecuencia en los dataloggers.

3. **Optimización del protocolo para el registro fotográfico:** sería ideal realizar el registro de todas las fachadas a evaluar en un mismo período, cercano al solsticio de verano (21 de diciembre), cubriendo la totalidad de las horas con sol en un día completamente despejado.
4. **Sincronización de períodos de medición:** cuanto mayor sea la sincronización en los períodos de registro mayor será la capacidad de comparación entre casos registrados, al evitar diferencias en las temperaturas del aire exterior. Esta sincronización permitirá una comparación precisa entre los casos de estudio y mejorará la validez de las conclusiones obtenidas.

Por último, para una futura campaña de mediciones, se propone ampliar las variables de análisis a través de las siguientes dimensiones:

- Estudio de las características constructivas de la envolvente (muros, techo y aventanamientos) para conocer el desempeño térmico del edificio y su incidencia en el consumo.
- Encuestas de confort a usuarios: relevar la sensación subjetiva de confort de los habitantes para contrastar las mediciones exteriores, interiores y la percepción personal.
- Inclusión de las características de uso de los habitantes. Relevar las particularidades en el uso para poder relacionar el consumo con el comportamiento usuario.
- Estimación de las emisiones de CO₂ evitadas por el efecto de refrescamiento aportado por la vegetación a partir de los datos de temperatura y consumo eléctrico registrados.

8. Referencias

- de Dear, R. J., Akimoto, T., Arens, E. A., Brager, G., Candido, C., Cheong, K. W. D., Li, B., Nishihara, N., Sekhar, S. C., Tanabe, S., Toftum, J., Zhang, H. y Zhu, Y. (2013). Progress in thermal comfort research over the last twenty years. *Indoor Air*, 23(6), 442–461.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Pathirana, S., Rodrigo, A. y Halwatura, R. (2019). Effect of building shape, orientation, window to wall ratios and zones on energy efficiency and thermal comfort of naturally ventilated houses in tropical climate. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 10(1), 107–120.
- Yu, W., Li, B., Yao, R., Wang, D. y Li, K. (2017). A study of thermal comfort in residential buildings on the Tibetan Plateau, China. *Building and Environment*, 119, 71–86.