

Evaluación higrotérmica de distintas tipologías constructivas en viviendas de Bahía Blanca

Hygrothermal evaluation of different construction typologies of homes in Bahía Blanca

Presentación: 10/09/2024

Sofia A. Luna

GEIA - UTN FRBB

sofiaamparoluna@gmail.com

Mariana V. González

GEIA - UTN FRBB

mgonzal@frbb.utn.edu.ar

Resumen

En este artículo se analiza el confort higrotérmico de tres viviendas unifamiliares en Bahía Blanca, cada una construida con métodos distintos: tradicional, hormigón armado y construcción en seco. El objetivo es ampliar el conocimiento en el marco de la línea de investigación del PID 8416: Eficiencia energética y acondicionamiento higrotérmico en proyectos de ingeniería del sector residencial una aproximación como medidas de mitigación al cambio climático, proporcionando un bagaje de información de base para futuros estudios.

El análisis se compone de un seguimiento en cada hogar a través de mediciones de temperatura y humedad durante invierno y verano, contemplando el cumplimiento de las normativas IRAM sobre acondicionamiento térmico que rigen en nuestro país.

Este trabajo aspira a ofrecer información que pudiera aportar a la construcción de viviendas sostenibles, centradas en el bienestar de los residentes y la reducción del consumo energético y su huella ambiental.

Palabras clave: Eficiencia energética, acondicionamiento higrotérmico, viviendas, termografía, Bahía Blanca.

Abstract

This article analyzes the hygrothermal comfort of three single-family homes in Bahía Blanca, with different construction methods: traditional, reinforced concrete and dry construction. The objective is to expand knowledge within the framework of the research PID 8416: Energy efficiency and hygrothermal conditioning in engineering projects in the residential sector, an approach as mitigation measures to climate change, providing a base of information for future studies.

The analysis consists of monitoring each home through temperature and humidity measurements during winter and summer, contemplating compliance with the IRAM regulations on thermal conditioning.

This work offers information that could contribute to the construction of sustainable homes, focused on the well-being of residents and the reduction of energy consumption and its environmental footprint.

Keywords: Energy efficiency, Hygrothermal conditioning, Houses, Thermography, Bahía Blanca.

Introducción

El sector residencial, según el balance energético nacional, representa el segundo mayor consumidor de energía después del transporte, con un 27% del total (SE, 2022). Reducir el consumo residencial no sólo disminuye las emisiones de dióxido de carbono, crucial para abordar el cambio climático, sino que también alivia los requerimientos de energía a nivel nacional y promueve los objetivos de desarrollo sostenible.

La aplicación de medidas pasivas de eficiencia energética puede reducir significativamente el consumo, hasta un 50-75% en nuevas viviendas y un 30% en las existentes (Clarke, 2001).

Este estudio analiza el comportamiento térmico de tres viviendas unifamiliares con diferentes sistemas constructivos en una zona templada fría, proporcionando una base para futuras investigaciones en construcción eficiente. Los resultados de las mediciones y los cálculos establecen una primera aproximación del comportamiento de las viviendas y sus materiales. Los resultados obtenidos en este aportan a la meta fundamental de reducir el consumo asociado a la calefacción y refrigeración.

Desarrollo

El análisis consta de dos partes esenciales:

Se verifica el cumplimiento de las normativas de acondicionamiento higrotérmico establecidas por las regulaciones IRAM, conforme a lo dispuesto en la Ley 13.059/03 y el Decreto Reglamentario 1030/10 de la provincia de Buenos Aires. Estas normativas establecen los requisitos de acondicionamiento térmico necesarios para cualquier edificación destinada al uso humano.

Se realizan mediciones en el lugar donde se recopilan datos de temperatura y humedad en el dormitorio principal y en la sala de estar de cada residencia. Estas mediciones se llevan a cabo de forma continua durante siete días, en la primera semana de agosto de 2023 y durante la última semana de diciembre del mismo año. Además, se complementa el estudio con una termografía durante el periodo invernal.

Condiciones climáticas

Bahía Blanca está ubicada al sur de la provincia de Buenos Aires, corresponde a la zona bioclimática IVc: Templada Fría de transición (IRAM, 2012). La temperatura mínima promedio de los meses de invierno es de 4°C y la temperatura máxima promedio es de 29,2°C. A pesar de la cercanía al mar, una de las principales características de la región es la amplia oscilación térmica (16,6°C en invierno y 12°C en verano). Los vientos predominantes son del Noroeste, Norte y Oeste durante todo el año con velocidades medias de 24 km/h, disminuyendo su intensidad sólo en otoño. Durante el verano, el viento predominante proviene del Sureste, con menor magnitud (Ferrelli, 2016).

Equipamiento

Para la ejecución del monitoreo, se colocaron tres dispositivos de recolección de datos modelo HOBO® UX100-003, manufacturados por Onset Computer. Estos instrumentos se instalan en el dormitorio principal de cada vivienda. Adicionalmente, se incorporan otros tres dispositivos HOBO® U14-001, en cada sala de estar.

Cada uno se coloca en función del mobiliario existente, prestando atención para evitar la interferencia de corrientes de aire y la exposición directa a la luz, situándose a una altura de aproximadamente 1 m y a una distancia de alrededor de 0,5 m de las paredes.

Los datos de la temperatura exterior son facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional estación Bahía Blanca AERO. Además, se emplea una cámara termográfica DT-9875 de 160 × 120 de resolución a 50 Hz, para capturar imágenes de las viviendas, focalizándose en el muro interior de la sala de estar, con orientación próxima al suroeste en los tres casos.

Casos de estudio

Las tres viviendas se encuentran emplazadas en la zona semi periférica de la ciudad de Bahía Blanca.

Caso I: la vivienda realizada con el método de construcción tradicional. Es una vivienda unifamiliar, de una planta, aislada, con 17 años de antigüedad. La superficie del lote es de 2859,49 m². Cuenta con una superficie cubierta de 189 m².

Los elementos que componen la envolvente de este módulo habitacional se resumen en la siguiente tabla:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor [m]	Espesor total [m]
Muros exteriores	Revoque interior grueso y fino a la cal	0,04	0,32
	Ladrillo cerámico macizo	0,14	
	Ladrillo cerámico macizo	0,14	
Cubierta	Chapa galvanizada ondulada	0,005	0,06
	Polietileno expandido	0,05	
Cielorraso	Machimbre de madera	0,01	0,01
Ventanas	Vidrio simple	0,004	0,004
Puerta de acceso	Madera maciza	--	--

Tabla 1: Elementos que componen la envolvente del Caso I. Fuente: Elaboración propia.

Caso II: La vivienda unifamiliar está construida con hormigón armado, de una planta, aislada, con 7 años de antigüedad. La superficie del lote es de 830,4 m². Cuenta con una superficie cubierta de 116,25 m². Los elementos que componen la envolvente de este módulo habitacional se resumen en la siguiente tabla:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor [m]	Espesor total [m]
Muros exteriores	Hormigón armado	0,15	0,15
Cubierta	Hormigón armado	0,12	0,122
	Membrana impermeabilizante	0,002	
Cielorraso	--	--	--
Ventanas	Vidrio simple	0,006	0,006
Puerta de acceso	Madera maciza	--	--

Tabla 2: Elementos que componen la envolvente del Caso II. Fuente: Elaboración propia.

Caso III: Esta vivienda unifamiliar corresponde a un sistema de construcción en seco, de una planta, se encuentra aislada y cuenta con 2 años de antigüedad. La superficie del lote es de 725,46 m², de los cuales 146,3 m² corresponden a la superficie cubierta.

Parte de la envolvente	Capa	Espesor [m]	Espesor total [m]
Muros exteriores	Placa de yeso	0,002	0,22
	Montante de acero galvanizado	0,03	
	Lana de vidrio	0,1	
	Placa OSB	0,011	
	Barrera contra viento y agua (TYVEK)	0,03	
	Polietileno expandido	0,03	
	Primera mano de Base Coat	0,002	
	Fibra de vidrio (malla)	0,001	
	Segunda mano de Base Coat	0,002	
	Revestimiento plástico monocapa	0,01	

Cubierta	Cabreada de acero galvanizado (perfiles U y C)	0,1	0,235
	Barrera contra viento y agua (TYVEK)	0,03	
	Lana de vidrio	0,05	
	Clavadora tubular metálica 50x50mm	0,05	
	Chapa galvanizada acanalada	0,005	
Cielorraso	Placa OSB o fenólica	0,011	0,011
Ventanas	Vidrio doble	0,012	0,012
Puerta de acceso	Madera	--	--

Tabla 3: Elementos que componen la envolvente del Caso III. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Comportamiento térmico de la envolvente opaca

Para evaluar el comportamiento térmico de las viviendas se utilizan las normas IRAM referidas al acondicionamiento higrotérmico. Se parte de la norma IRAM 11601 “Aislamiento térmico de edificios” (IRAM, 2002), para definir las propiedades térmicas de los componentes, se observa la clasificación bioambiental (IRAM, 2012) que establece como temperatura de diseño invernal mínima $-5,6^{\circ}\text{C}$ para la ciudad de Bahía Blanca y se adoptan los valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos para un nivel de confort B según la norma IRAM 11605 (IRAM, 1996).

Valores Máximos de transmitancia térmica “K” en muros:

- Invierno: $0,812 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Verano: $1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Valores Máximos de transmitancia térmica “K” en cubiertas:

- Invierno: $0,678 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Verano: $0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

	Muro Invierno	Muro Verano	Cubierta Invierno	Cubierta Verano
Caso I	1,79 (No Verifica)	1,79 (No Verifica)	0,52 (Verifica)	0,52 (No Verifica)
Caso II	2,16 (No Verifica)	2,16 (No Verifica)	4,68 (No Verifica)	4,68 (No Verifica)
Caso III	0,16 (Verifica)	0,16 (Verifica)	0,27 (Verifica)	0,27 (Verifica)

Tabla 4: Valores de transmitancia térmica expresados en $[\text{W/m}^2\text{K}]$. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las tablas anteriores, la vivienda construida en hormigón armado presenta la mayor transmitancia térmica, seguida por la edificación de construcción tradicional. Por otro lado, la vivienda construida mediante el método de construcción en seco se destaca por obtener los resultados más favorables en términos de menor transmitancia térmica, incluso bajo las mismas condiciones de espesor de muro que la vivienda de hormigón armado.

Condensación superficial

En esta sección, se aborda el comportamiento de los muros en relación con la transmisión de calor y humedad. La condición higrotérmica resulta de la disminución de la resistencia al flujo de calor en los materiales de construcción y aislantes térmicos cuando éstos se ven expuestos a condiciones de humedad. Para los casos de estudio las condiciones higrotérmicas serán:

1. Exteriores

- a. Temperatura exterior de diseño: $-5,6^{\circ}\text{C}$
- b. Humedad relativa exterior: 90% (IRAM, 2000)

2. Interiores

- a. Temperatura interior de diseño: 18°C
- b. Humedad relativa interior: 62%, se obtiene del diagrama psicrométrico
- c. Temperatura de condensación: $9,8^{\circ}\text{C}$

En la Tabla 5 se muestran los resultados de las temperaturas internas tanto en muros como en cubierta para las condiciones de verano e invierno.

	Muro	Cubierta
Caso I	11,3 (No hay riesgo de condensación)	15,6 (No hay riesgo de condensación)
Caso II	5,94 (Hay riesgo de condensación)	3,8 (Hay riesgo de condensación)
Caso III	17,3 (No hay riesgo de condensación)	16,9 (No hay riesgo de condensación)

Tabla 5: Temperatura superficial interna en grados Celsius. Fuente: Elaboración propia.

La temperatura interior de los muros del primer sistema constructivo supera la temperatura de rocío en $1,5^{\circ}\text{C}$. Por consiguiente, se recomienda efectuar un mayor análisis del cerramiento, ya que la estrecha proximidad al umbral podría propiciar la generación de condensación. Por otra parte, la temperatura que se obtuvo para la cubierta es menor a la temperatura de rocío, por lo tanto, hay riesgo de condensación superficial.

La residencia construida a partir de hormigón armado exhibe, tanto en sus muros como en su cubierta, temperaturas que se sitúan por debajo del umbral de la temperatura de rocío. Este escenario implica de manera inminente la probabilidad de que se manifieste condensación en la superficie expuesta.

Por último, la construcción en seco no presenta riesgos de condensación superficial. Superando ampliamente la temperatura de rocío.

Condensación en puntos singulares

Los puntos singulares están constituidos por las aristas y rincones de los muros exteriores, pisos y techos de los edificios en general. Para realizar la verificación se consideran las mismas condiciones higrotérmicas que en el punto anterior. Los resultados de la existencia de riesgo de condensación se exponen en la siguiente tabla:

	Caso I	Caso II	Caso III
Aristas superiores y rincones	No verifica	No verifica	Verifica
Aristas verticales a altura media	No verifica	No verifica	Verifica
Aristas y rincones inferiores	No verifica	No verifica	Verifica
Vidrios	Verifica	No verifica	Verifica
Rincones y aristas "Protegidas"	No verifica	No verifica	Verifica
Detrás de muebles en muros externos	No verifica	No verifica	Verifica

Tabla 6: Riesgo de condensación en puntos singulares. Fuente: Elaboración propia.

En el primer caso, se obtiene un resultado favorable únicamente en lo que respecta a los componentes vidriados. No obstante, en las demás áreas consideradas, se constata la presencia de un riesgo potencial vinculado a la condensación.

En el segundo caso, se identifica un riesgo significativo de condensación en todos los puntos singulares. Por otro lado, en el tercer caso, representado por el caso III, se observa la ausencia de riesgo inmediato vinculado a la condensación.

Mediciones

Se colocaron dispositivos de recopilación de datos, destinados a registrar tanto la temperatura como la humedad relativa. Estos registros se llevaron a cabo en las tres viviendas estudiadas, durante el mismo intervalo de tiempo comprendido entre el 3 y el 10 de agosto de 2023 para las condiciones de invierno y entre el 11 y el 18 de diciembre de 2023 para las condiciones de verano. Los instrumentos fueron colocados sobre mobiliario existente, alejados entre 0,5 m y 0,70 m de la cara interior de los muros.

Los resultados de las mediciones efectuadas en el dormitorio principal y en la sala de estar, tanto para condiciones de invierno como para condiciones de verano, se presentan en la Figura 1. En esta representación gráfica, se ilustra el diagrama psicrométrico que incorpora tanto la región correspondiente al confort térmico en época invernal y estival, así como los puntos correlacionados con las mediciones efectuadas en cada uno de los casos y el clima externo para el mismo período, brindado por el Servicio Meteorológico Nacional.

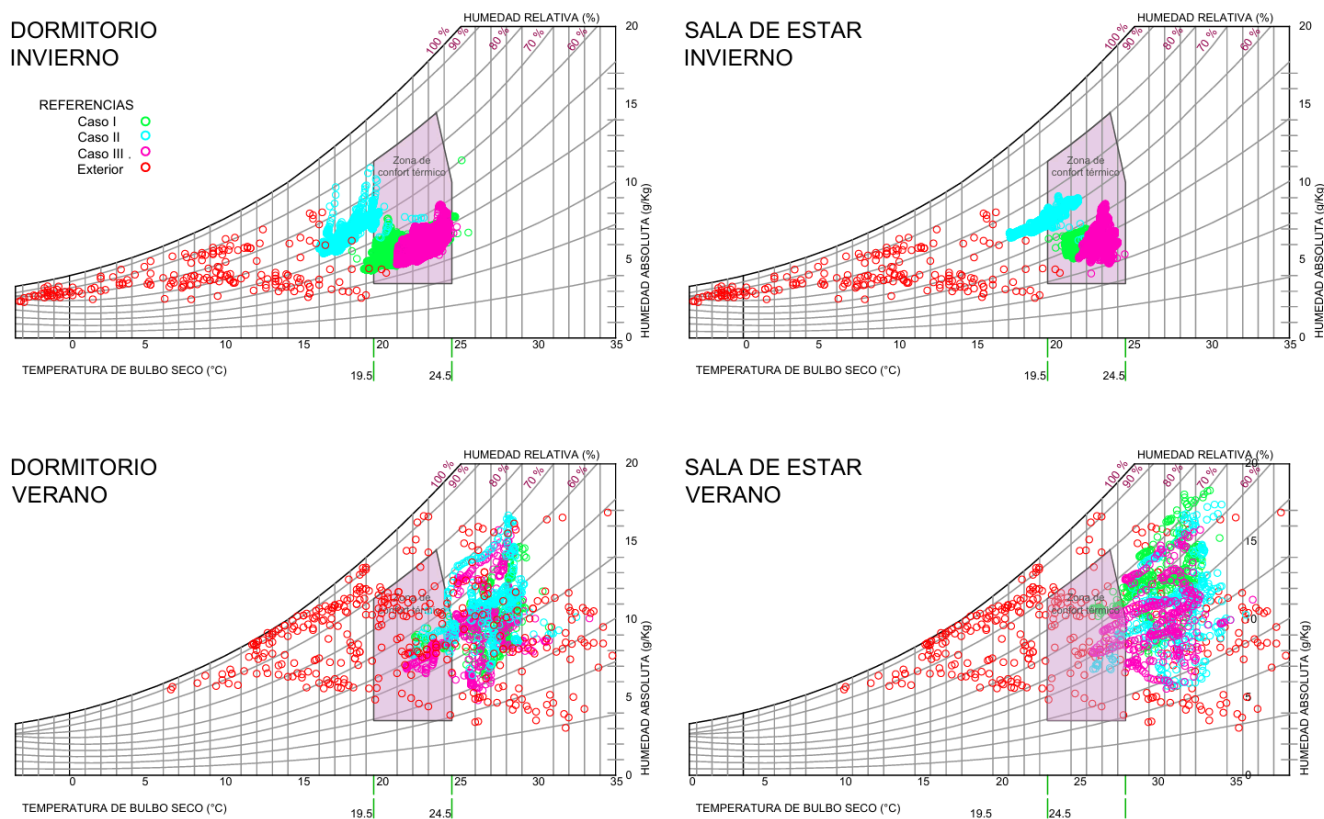


Figura 1: Mediciones de temperatura y humedad representadas en el diagrama psicrométrico. Fuente: Elaboración propia

De las mediciones efectuadas, se observa que la capacidad para mantenerse dentro de los límites del rango de confort térmico en el caso II es limitada para ambas condiciones, invierno y verano. En contraposición, los otros dos sistemas constructivos presentan una propensión a permanecer en dicho rango con mayor facilidad para las condiciones de invierno aunque en condiciones de verano presentan menores puntos de acercamiento a las condiciones de confort. Esto puede deberse a la elevada humedad ambiente y una marcada amplitud térmica durante el período de medición.

Conclusiones

La vivienda de construcción tradicional no logra satisfacer las condiciones mínimas de confort habitacional indicadas en las normas establecidas en materia de acondicionamiento higrotérmico en ambas condiciones, invierno y verano. Sería imperativo implementar ciertas mejoras en la envolvente para alcanzar los valores mínimos de resistencia térmica. De esta manera, se garantizaría el confort habitacional con un menor consumo energético, además de reducir el potencial de condensación superficial. A partir de las conclusiones extraídas del diagrama psicrométrico, se puede inferir que la vivienda se encuentra dentro de un rango aceptable para una habitabilidad confortable en condiciones de invierno y esto podría estar vinculado a un mayor consumo energético.

La vivienda construida en hormigón armado no satisface las normativas mencionadas en cuanto al acondicionamiento higrotérmico. A partir de las mediciones se determina que el entorno no sostiene una condición de confort durante la mayoría del tiempo. Esta circunstancia podría estar ligada a las propiedades inherentes del material, aunque resulta esencial realizar un análisis más profundo del sistema de calefacción para obtener una mejor comprensión de la situación. Asimismo, en su cara sudoeste, la envolvente cuenta con una fachada verde que, si bien no ha sido incorporada en el análisis en esta oportunidad, debiera ser considerada en próximas evaluaciones, principalmente al contrastar con el comportamiento en condiciones de verano. Si bien realizar una mejora en la envolvente es crucial para cumplir con las condiciones de acondicionamiento, cabe destacar que la estética característica de esta modalidad constructiva plantea un desafío en relación con estas posibles mejoras.

En cuanto a la vivienda construida mediante métodos de construcción en seco la misma presenta las características más favorables en términos de acondicionamiento higrotérmico. Cumple con las condiciones establecidas en las normas, y las mediciones relativas a temperatura y humedad se mantienen dentro del rango óptimo para el confort habitacional en condiciones de invierno, no observándose lo mismo para las condiciones de verano. Estas notables características se presentan incluso manteniendo un espesor de muro igual al de la vivienda construida en hormigón.

Este estudio ha sentado bases para futuras investigaciones, brindando datos a partir de las mediciones y evaluaciones realizadas. Se propone para futuros estudios, realizar un análisis integral incorporando las características de las aberturas, los sistemas de calefacción y refrigeración, consumos energéticos y la evaluación del índice de prestaciones energéticas y otros factores conexos.

Referencias

- Clarke J A (2001). *Energy Simulation in Building Design*, 2ª edición. Butterworth-Heinemann.
- Ferrelli F (2016). *Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina*. Dirección URL: revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/2123 [consulta: 14 de agosto de 2023]
- IRAM (2012). Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM (2002). Norma IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM (1996). Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM (2000). Norma IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- IRAM (2000). Norma IRAM 11630. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Luna, S; Schuvedt, M; González, M (2023). *Análisis del comportamiento térmico invernal de tres viviendas en Bahía Blanca*. Acta de la XLV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente Vol 10, pp 33-46 2023 ISBN 978-987-29873-1-2
- SE (2023). *Informe Estadístico Anual 2022*. Subsecretaría de Planeamiento Energético. Secretaría de Energía. Ministerio de Economía de la República Argentina.