

REVISION DE LOS RANGOS DE CONFORT INVERNAL DE VIVIENDAS EN CORDOBA COMO CONDICION PARA EL ACONDICIONAMIENTO NATURAL

Gabriela Arrieta^{1,2}, Arturo Maristany¹

¹ Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño (FAUD),
Centro de investigaciones Acústicas y luminotécnicas (CIAL)

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

El Cordobazo s/n – Ciudad Universitaria – Córdoba Capital - C.P:5000 - <http://cial.faudi.unc.edu.ar>

Tel: 0351 433-3037 e-mail: g.arrieta@live.com.ar

Recibido 19/08/19, aceptado 22/10/19

RESUMEN: Este trabajo presenta los resultados de un estudio de campo realizado en la ciudad de Córdoba con el objetivo de verificar los rangos de confort a partir de la valoración subjetiva de las condiciones de temperatura interior y HR en las que habitan las personas en viviendas de la ciudad. El estudio se realizó en 12 viviendas, consiguiendo un total de 416 encuestas respondidas durante los meses de junio y julio del 2019, considerando un periodo representativo de invierno. Se estimaron temperatura y humedad relativa neutra y rangos de confort con el método de medias por intervalo de sensación térmica (MIST), comparando el rango de confort con el establecido por otros autores. El objetivo de este estudio es, a partir de las condiciones de temperatura y humedad relevadas en las viviendas, verificar los rangos de preferencia térmica valorados en invierno y si, tomando los mismos como objetivo, es posible incluir estrategias de acondicionamiento pasivo para reducir la climatización mecánica en el periodo invernal sin perder de vista las actuales exigencias de confort térmico.

Palabras claves: Confort térmico, ambiente interior, adaptación pasiva.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la demanda energética, producto del crecimiento de la población mundial y de los estándares de confort, hace necesario aprovechar al máximo los recursos energéticos disponibles (Azqueta, 2014). Gran parte de la demanda proviene del sector residencial, por lo que el etiquetado de eficiencia energética de edificios ha cobrado gran importancia a nivel mundial, siendo necesario combinar el uso racional de la energía con construcciones sustentables (Coronato et al., 2017). Con el aumento de la contaminación y el cambio climático, los estándares en sí mismos caerán en descrédito e incluso en desuso si ignoran este problema. Los estándares térmicos que, por muy deseables que sean, requieren una cantidad excesiva de energía para su cumplimiento, tenderán a sufrir más (Nicol y Humphreys, 2002). Al dar real importancia al creciente y constante calentamiento global, son trascendentes las acciones destinadas a reducir la demanda excesiva de energía ocasionada por la cada vez mayor demanda de confort térmico en ambientes interiores residenciales. Se debe encontrar la forma de diseñar edificios residenciales adaptados al clima, que permitan mantener confortable al exigente usuario de la actualidad, sin involucrar en la capacidad de adaptación (Arrieta y Maristany, 2018), considerando la capacidad biológica innata del ser humano de adaptarse a climas variados y sus fluctuaciones temporales.

La llamada zona de confort, es aquella situación en la que la mayoría de los usuarios se sienten satisfechos con el ambiente térmico. Definiéndose un rango de condiciones como la temperatura y la humedad para delimitarla. La explicación operativa del confort térmico se reduce en consecuencia a un estado de equilibrio resultante del balance de las cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima: radiación, temperatura, humedad y movimiento del aire, como elementos principales (Critchfield, 1974 por

Gómez-Azpeitia et al., 2007). Cuando el balance térmico arroja un valor cero, es decir cuando el cuerpo humano no gana ni cede calor, significa, que las personas experimentan objetivamente una sensación térmica de confort. Arballo et. al., (2016) destacan como válida la hipótesis de que los usuarios necesitan ser activos en función a su ambiente térmico, y ser proveídos de suficientes oportunidades para tener cierto control personal del mismo. Esta posibilidad los habilita a desarrollar más tolerancia, e inclusive aumentar la aceptabilidad, sobre un mayor rango de amplitud térmica.

El clima de la ciudad de Córdoba, es particularmente complejo porque está afectado por enormes amplitudes térmicas diarias. Para este tipo de climas, a diferencia de los extremos, no hay estrategias precisas y absolutas de diseño a considerar. Esto se traduce en una gran posibilidad para definir pautas relativas y flexibles, orientadas a lograr viviendas eficientes que colaboren para el acondicionamiento térmico a través de la adaptabilidad de sus envolventes y eviten la dependencia de los mecanismos de acondicionamiento artificial. El estudio de la sensación térmica percibida en la vivienda permite establecer lineamientos de diseño para la habitabilidad térmica con base en la percepción de los sujetos (García Gómez et al., 2011)

En la mayoría de las descripciones meteorológicas, Córdoba se describe como ubicada en clima templado. Específicamente en la capital se diferencian mejor las cuatro estaciones, y las temperaturas son algo más frescas que en el resto de la provincia, determinadas por la altitud de la ciudad y por los vientos fríos de origen antártico de la Pampa. Así, la temperatura media en la ciudad es de aproximadamente 18°C–19°C. Las máximas se producen en enero y pueden alcanzar en ocasiones los 40°C. Las mínimas, por su parte, se registran en junio y julio y en ocasiones suelen bajar de los 0°C. Estas temperaturas se agudizan más en el centro urbano, donde son algunos grados superiores que en la periferia. Los veranos en la ciudad son calurosos y moderadamente húmedos. Es común que olas de calor de varios días aparezcan en la ciudad dejando temperaturas de hasta 35°C–40°C. Son los meses más lluviosos con promedios de 120 mm mensuales. Al comienzo del otoño los días suelen ser calurosos al mediodía y durante la tarde, mientras que por la mañana y la noche refresca bastante. Abril es un mes muy seco y en mayo pueden aparecer las primeras heladas. El clima de Córdoba en invierno es fresco durante el día y frío o muy frío por las noches. Las máximas pueden alcanzar los 16°C–18°C durante el día y bajar hasta -5°C por la noche, siendo meses muy secos en la ciudad. La primavera de Córdoba se caracteriza por ser muy variable y muy ventosa, de grandes amplitudes térmicas diarias.

Según la norma de referencia (IRAM 11603: 2011) utilizada en Argentina, Córdoba se encuentra localizada dentro de la zona bioambiental IIIa. Definido como clima Templado cálido. Esta zona se subdivide en dos sub zonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas. Sub zona IIIa: amplitudes térmicas mayores que 14 °C (dentro de la que se encuentra la ciudad de Córdoba). Sub zona IIIb: amplitudes térmicas menores que 14°C. Para esta zona la norma define que los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C, con medias máximas mayores que 30°C, sólo en la faja de extensión Este-Oeste. El invierno, según la norma de referencia, no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, y valores mínimos que rara vez son menores que 0°C. La IRAM 11603 invita a utilizar estos datos para balances térmicos tendientes a dimensionar instalaciones de acondicionamiento ambiental activo, como elemento de apoyo para el diseño y la evaluación del comportamiento térmico de edificios.

Datos climáticos de invierno según IRAM:

ESTACION	TMED	TMAX	TMIN	TMA	PREC	HR
CBA obs.	13,46	19,9	7,1	-5,2	45	66

Datos climáticos de verano según IRAM:

ESTACION	TMED	TMAX	TMIN	TMA	PREC	HR
CBA obs.	23,65	29,8	17,6	41	493	68,8

Diferentes metodologías (Olgay, Givoni, Evans) permiten, a partir de los datos climáticos, evaluar el grado de aproximación de las oscilaciones de temperatura y humedad a zonas de confort de referencia

predefinidas, y como complemento establecer estrategias de acondicionamiento o recomendaciones de diseño. Las graficas de las figuras 1, 2 y 3 muestran la situación de Córdoba, a partir de los datos climáticos de la estación Córdoba Observatorio (Obs.), tomando los registros desde el año 2007 al 2017 inclusive.

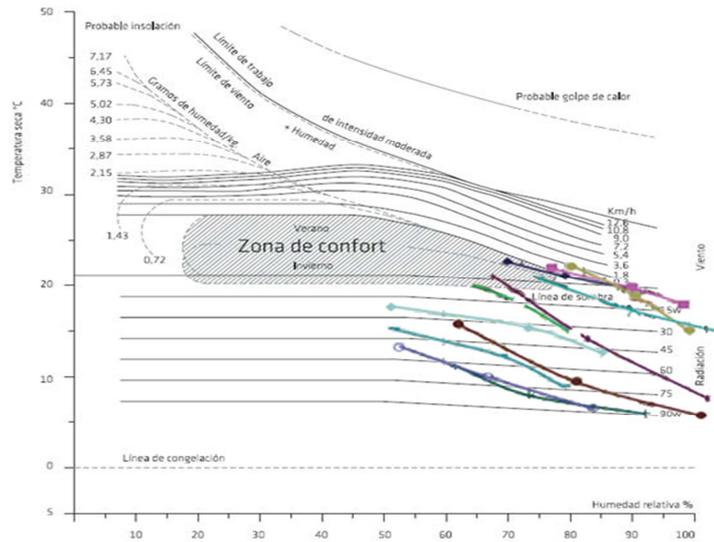


Figura 1: Diagrama de Olgyay teniendo en cuenta datos medios mensuales de temperatura y humedad de Córdoba desde 2007 hasta 2017. Software desarrollado por el Arq. G. Gonzalo.

Olgyay (1963) define una zona de confort (Figura 1) entre los 21,1°C y los 27,5°C aproximadamente y entre 30% y 65% de humedad relativa que puede ser ampliada para zonas con baja y alta humedad, también tiene una variación para el invierno, con una relación para corregir la gráfica con respecto a latitudes menores de 40°C (Chávez del Valle, 2002).

Givoni, (1981) desarrolla el conocido método donde define, sobre el diagrama psicrométrico, una zona de confort para invierno, y una para verano a partir de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa (Figura 2). Y fuera de esta zona, estrategias para alcanzarla según cada rango de variación de temperatura y humedad.

En el triángulo de confort propuesto por Evans (2011), se adopta la temperatura media diaria mínima de 18°C, y máxima de 28°C, para lograr confort en actividades sedentarias con ropa adecuada en espacios interiores en invierno. Con estas temperaturas medias no se admiten oscilaciones de temperatura, pero a medida que la temperatura media se acerca a los 22°C, se puede aceptar mayor amplitud, representando el llamado “triángulo de confort”. En el gráfico de los triángulos de confort de la figura 3 se indican los datos de temperatura media y amplitud térmica de la ciudad de Córdoba. Las amplitudes diarias normalmente superan los 8°C (Limite del triángulo de confort definido por Evans y alcanzan en ocasiones extremas hasta los 28°C, siendo esto último un factor determinante.

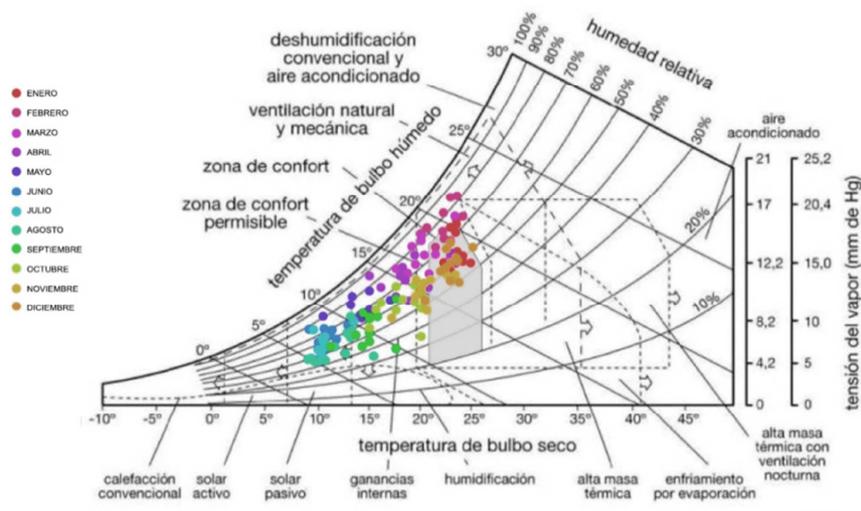


Figura 2: Abaco psicrométrico con datos medios mensuales desde el 2007 al 2017 inclusive.

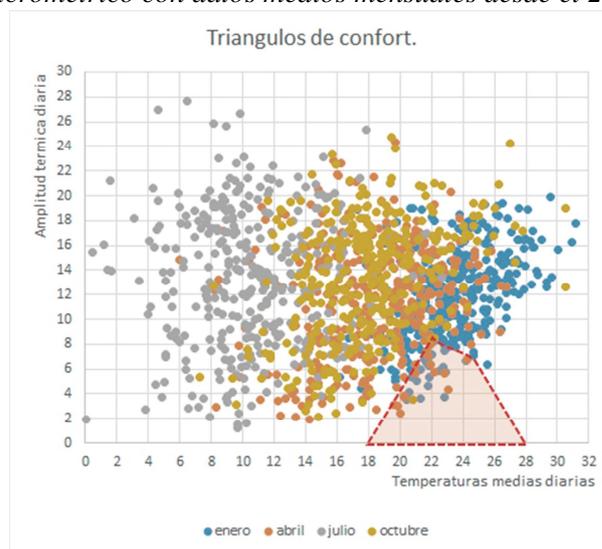


Figura 3: Triángulos de confort de Evans. Temperaturas y amplitudes diarias de Córdoba 2007/2017 de enero/abril/julio/octubre.

Observando la descripción del clima de Córdoba, según la Norma de referencia en la construcción y la relación de los datos climáticos con criterios generalizados de delimitación de la zona de confort, comienza a quedar en evidencia la falta de relación entre los criterios preestablecidos de confort y la respuesta subjetiva de los usuarios en climas templados de grandes oscilaciones térmicas. Mostrando el claro potencial que ofrece adoptar criterios de confort adaptativo en climas con estas características. Para lo cual es necesario revisar los criterios de delimitación de las zonas de confort y las estrategias recomendadas para estos casos.

DESARROLLO

Encuesta

Se realizó un estudio de las valoraciones de los usuarios enfocándose en las sensaciones subjetivas de confort de las personas que habitan viviendas en la ciudad de Córdoba y su correspondencia con la temperatura interior. Para ello, se tomaron como casos de estudio 12 viviendas de la ciudad, sin tener requisitos de tipología específica, se consideró que sea una muestra variada en ubicación, orientación, antigüedad y materialidad para lograr un monitoreo representativo de la tipología vivienda en general. (Tabla 1).

N	Tipología	Condición	NP	Techo	Terminación	Materialidad	Terminación	espesor	Ubicación	Orientación
1	Vivienda unifamiliar	entre medianeras	0	Inclinado	Tejas	Bloque cementico	Bolseado	20cm	Periurbana	Sur
2	Departamento	entre medianeras	9	plano	Habitado	Bloque cerámico	Revoque grueso y fino	20cm	Centro	Norte
3	Departamento	entre medianeras	21	plano	losa	Bloque cerámico	Ladrillo visto	20cm	Centro	sur Este
4	Vivienda unifamiliar	aislada	0	plano	Habitado	Retak	Revoque grueso y fino	20cm	Periurbana	Norte
5	Departamento	aislada	9	plano	losa	ladrillo común	Revoque grueso y fino	20 cm	centro	Sur Este
6	Departamento	aislada	24	plano	Habitado	ladrillo común	Ladrillo visto	20 cm	centro	Este
7	Vivienda unifamiliar	entre medianeras	0	Inclinado	Losa	Bloque cementico	Bolseado	20 cm	Periurbana	Sur
8	Departamento	aislada	30	plano	Losa	Bloque cerámico	Revoque grueso y fino	20 cm	Centro	Norte
9	Vivienda unifamiliar	Aislada	0	Plano	Losa de viguetas	Ladrillo común	Revoque grueso y fino	30 cm	Periurbana	Norte
10	Vivienda unifamiliar	aislada	0	plano	Losa	Bloque cerámico	Fachada Ventilada	30 cm	Centro	Norte
11	Vivienda unifamiliar	Aislada	0	Inclinado	Chapa con aislación	Bloque cerámico	Revoque grueso y fino	20 cm	Periurbana	Norte
12	Vivienda unifamiliar	aislada	2	inclinado	losa	ladrillo común	Ladrillo visto	28 cm	Periurbana	Noroeste

Tabla 1: Relevamiento de viviendas estudiadas. Elaboración propia.

Estas viviendas fueron monitoreadas durante los meses de junio y julio del 2019 a través de sensores Hobo data logger (HDL) en los espacios interiores de estar, se registraron temperatura de bulbo seco y humedad relativa cada 15 minutos.

Complementando estas mediciones, se realizaron encuestas con el objetivo de vincular las temperaturas interiores en que se mantienen las viviendas y las sensaciones del usuario promedio en relación a éstas. El ensayo se realizó durante los meses de junio y julio del 2019, considerando los meses de invierno. Los sujetos de estudio fueron hombres y mujeres en el rango de entre los 20 a 60 años que estuvieran dentro del recinto monitoreado en el momento de completar la encuesta. Se desarrolló un instructivo de como completar las encuestas. Éstas, fueron enviadas a través de un formulario online diseñado en base a la norma ISO 10551 (UNE-EN ISO 7730, 2006), que el usuario debía completar un mínimo de dos veces diarias mientras estuviera en el recinto monitoreado.

El cuestionario consistía en 6 preguntas de opciones múltiples que se detalla a continuación:

- 1 - ¿Está utilizando en este momento algún medio de acondicionamiento mecánico?
 - SI
 - NO
- 2 - ¿Qué siente usted en este momento? (marcar la casilla apropiada) Tengo...
 - -3 Mucho frío
 - -2 Frío
 - -1 Un poco de frío
 - 0 Ni frío ni calor
 - 1 Un poco de calor
 - 2 Calor
 - 3 Mucho calor
- 3 - Se encuentra usted...
 - Cómodo
 - Algo incómodo
 - Incómodo
 - Muy incómodo
 - Extremadamente incómodo
- 4 - En este momento preferiría tener...
 - -3 Mucho más frío
 - -2 Más Frío
 - -1 Un poco más de frío
 - 0 Ni más frío ni más calor

- 1 Un poco más de calor
 - 2 Más Calor
 - 3 Mucho más calor
- 5 - Teniendo en cuenta únicamente sus preferencias personales, ¿aceptaría usted este ambiente térmico en lugar de rechazarlo?
- Si
 - No
- 6 - En su opinión, este ambiente térmico es...
- Perfectamente tolerable
 - Un poco difícil de tolerar
 - Bastante difícil de tolerar
 - Muy difícil de tolerar
 - Intolerable.

Los usuarios de las viviendas monitoreadas respondieron las preguntas en relación a cómo se sentían con el ambiente térmico. Se realizaron un total de 416 encuestas en simultáneo con las mediciones para conocer las valoraciones subjetivas de las personas bajo las condiciones monitoreadas.

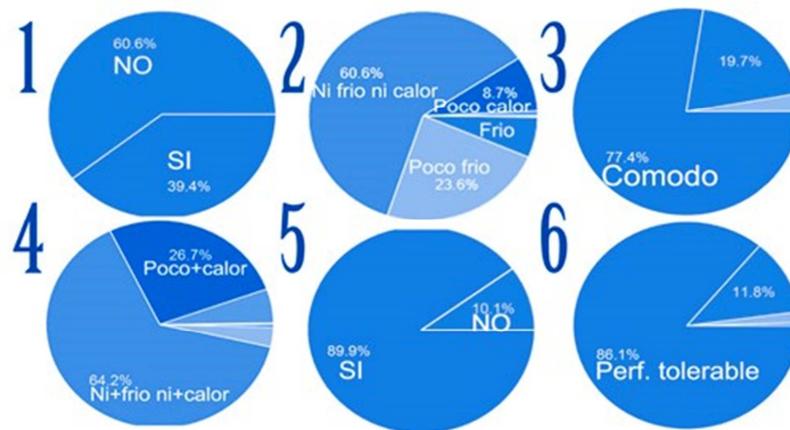


Figura 4. Resumen de las respuestas obtenidas de las encuestas.

En los gráficos de la figura 4 se muestra la distribución general de las respuestas a las seis preguntas de la encuesta. A pesar de estar en el periodo invernal, la mayoría de las viviendas, no estuvieron acondicionadas mecánicamente y de todas formas más de la mitad valoró sentirse en el punto de confort 0 (“ni frio ni calor”). Si se desglosa esta observación, se detecta que las valoraciones 0 “ni frio ni calor” y la valoración -1 “un poco de frio” ocupan casi un 90% de las respuestas en ambos casos (con y sin acondicionamiento mecánico), es decir que estén o no las viviendas calefaccionadas un 90% de las personas se encuentran en el rango de confort esperado para invierno. (Figura 5).



Figura 5: Valoraciones subjetivas en viviendas con y sin acondicionamiento mecánico.

Rangos de confort MIST

El objetivo de este procedimiento es determinar el valor medio de temperatura o humedad de todas las respuestas en cada nivel de sensación térmica percibida de acuerdo a cada una de las siete categorías de

respuesta de confort según *UNE-EN ISO 10551:1995, 2002*. Se realizaron dos o más encuestas diarias a los habitantes de las 12 viviendas estudiadas y se vincularon las sensaciones valoradas en relación a las temperaturas registradas simultáneamente en el ambiente interior. (Figura 9 y 10). De esa forma se calculó el valor promedio de la temperatura y de la humedad en la que los sujetos valoraron sentirse en confort (valor 0), pero también de quienes expresaron sentir calor ó frío (valores +1 y -1).

Posteriormente se establecieron los rangos de distribución para cada categoría de respuesta. Se calculó la desviación estándar y a partir del valor medio de temperatura o humedad correspondiente (T_n Media, HR_n Media) se calculó la adición de $\pm 1DS$. Este primer rango incluye teóricamente 68% de las personas que expresaron tener una misma sensación térmica. Se repite el procedimiento y se adiciona $\pm 2DS$ a la T_n Media o HR_n Media, con lo que teóricamente se incluye 95% de la población que emitió un mismo voto de sensación térmica (Figura 9 y 10).

Por último, se realizó una regresión lineal con los valores que fueron obtenidos, a fin de determinar las rectas correspondientes a los límites extensos de los rangos definidos por T_n Media y HR_n Media $\pm 2DS$, y a los límites reducidos definidos por T_n Media o HR_n Media $\pm 1DS$. También se hizo lo propio con los valores de T_n Media y HR_n Media. La intersección de cada una de las líneas de regresión con la ordenada cero (que representa la sensación térmica de confort: ni calor, ni frío) determinan el valor de la temperatura o humedad relativa neutra según el método MIST, así como los valores límites de los rangos de confort térmico. Esta metodología ha sido aplicada por otros autores (Bojórquez et al, 2010; Bojórquez et al, 2015; Garcia Gomez et al, 2011; Herrera Sosa, 2013) en diferentes climas, obteniendo de cada uno de éstos la temperatura neutra (T_n) y rangos de confort según valoraciones subjetivas de los habitantes encuestados en cada caso, con el fin de establecer lineamientos para la habitabilidad térmica.

EVALUACION DE RESULTADOS

Se hizo un barrido por datos arrojados de los diferentes diagramas de confort y las zonas establecidas por los distintos autores. En el diagrama de Olgay, que se muestra en la figura 1, se observa, que los datos de temperatura y humedad media mensuales de la ciudad de Córdoba, durante casi todos los meses del año, se mueven en una zona más fría y húmeda que la delimitada por la zona de confort. Quedando dentro de la zona de condiciones esperadas solo una pequeña porción de los meses de abril y mayo.

En el diagrama bioclimático (figura 2) desarrollado por Givoni (1981), donde las variables consideradas son también temperatura y humedad media mensual, el área donde se mueven las condiciones registradas en Córdoba durante los 11 años medidos, demuestra condiciones más frías y más húmedas que las consideradas confortables para la mayoría de las personas. Quedando casi todo el tiempo fuera de la zona esperada incluso el verano por los altos valores de humedad relativa.

Y por último, en el diagrama de los triángulos de confort propuesto por Evans (figura 3), se observa, como factor fundamental para considerar que las amplitudes son mucho mayores a las admitidas como confortables por el autor, siendo también las temperaturas interiores más frías.

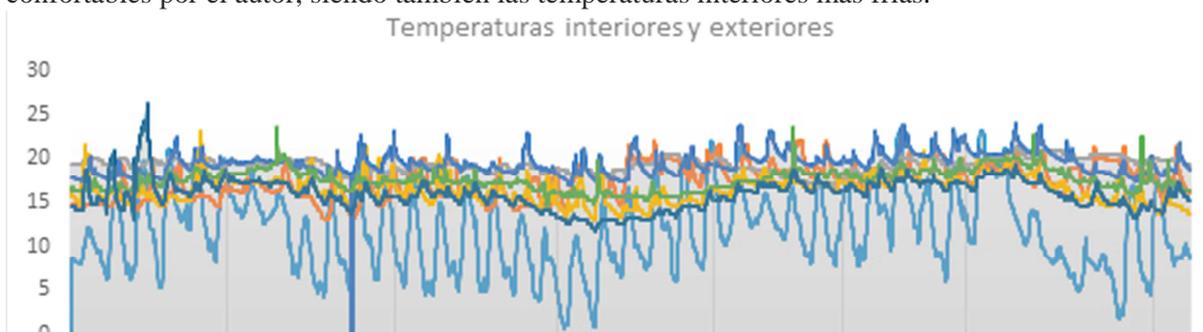


Figura 6: variaciones de la temperatura exterior y las temperaturas interiores de cada vivienda monitoreada

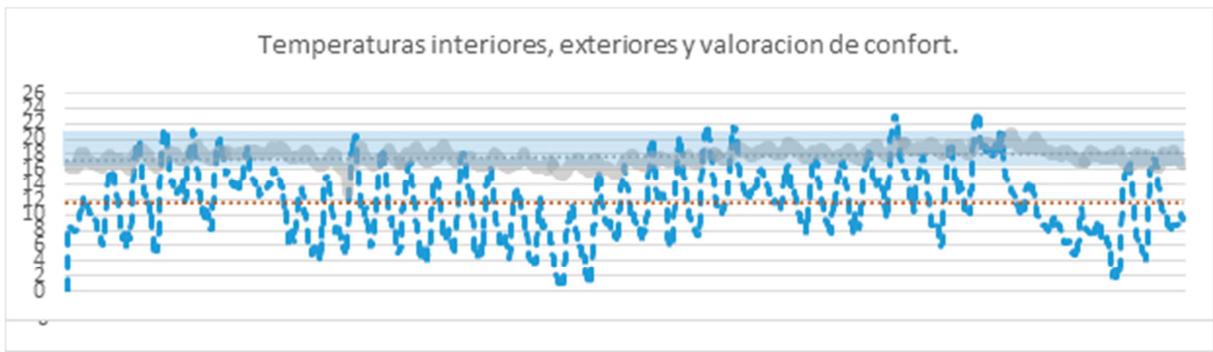


Figura 7: Variación de la temperatura exterior y el promedio de las temperaturas interiores de las viviendas. Línea de tendencia de cada una. Valoración de confort para el 95% de las personas según MIST (16,6 °C - 21,8 °C).

Los métodos anteriormente mencionados, describen una zona de confort según las condiciones de temperatura y humedad exterior. Las temperaturas de Córdoba, van desde menos de 1°C a los 25°C durante el periodo de estudio (junio y julio 2019). Se vincularon estas temperaturas exteriores con los datos interiores registradas en las viviendas estudiadas durante el mismo periodo. Las temperaturas interiores, se mantuvieron entre los 12 y 25°C en su mayoría, alcanzando casi los 30°C en algunas ocasiones. Se detecta entonces que a pesar de ser viviendas de clase media, de formas, tipologías, antigüedad, sistemas de protección, orientaciones, materialidades y diseños ampliamente variables, se mantienen con cierta inercia térmica en relación a las temperaturas exteriores. Favoreciendo las condiciones de confort esperadas. (Figura 6 y 7). Se verifica, que las viviendas monitoreadas, se mantuvieron en temperaturas interiores cercanas a las sensaciones de confort a pesar de las bajas temperaturas exteriores registradas. La línea de tendencia del promedio de las temperaturas interiores se delimita a los 17 °C, quedando dentro del rango de confort obtenido con el método (MIST) para el 95% de las personas y unos 6 °C por encima de la línea de tendencia de las temperaturas exteriores registradas.

Como se esperaba, el rango de confort que se obtuvo de las valoraciones encuestadas para un 68% de las personas, se mantiene entre los 19 °C y 20,5 °C, (punto máximo de la campana. Figura 8). Aunque se puede observar la diferencia en el rango de confort valorado por las personas en viviendas acondicionadas mecánicamente y las que no tienen acondicionamiento adicional. Si bien las temperaturas medias de confort son iguales, en los ambientes sin calefacción (a la derecha de la figura 8) el rango de confort es más amplio y hay mayor tolerancia a temperaturas más bajas. Mientras que con calefacción (a la izquierda) el rango es más estrecho, no se mencionan las bajas temperaturas y hay sobrecalentamiento de los locales fuera del rango de confort.

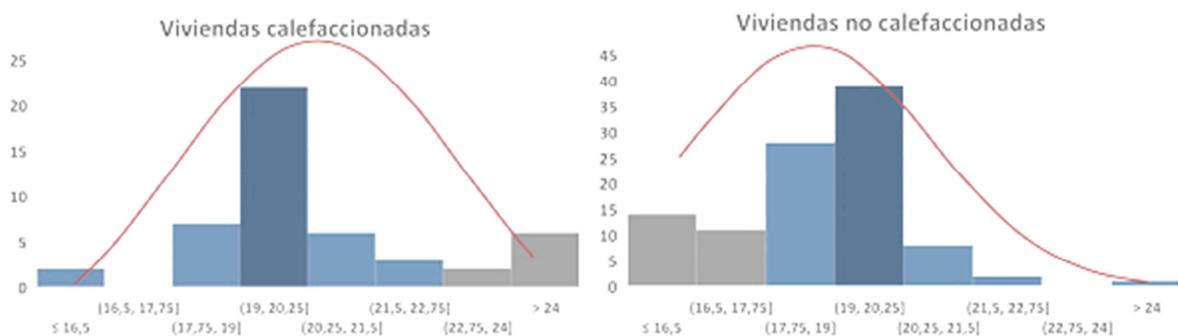


Figura 8: relación entre rango de confort de viviendas calefaccionadas y no calefaccionadas

En todos los casos, se verifica que las condiciones climáticas de la ciudad de Córdoba durante los últimos 11 años, son más frías y más húmedas que la zona de confort referenciada por los autores mencionados. Mientras que las estrategias de diseño que propone la norma de referencia, son orientadas a una zona templada cálida. El gráfico 9 y 10 muestran el rango de confort obtenido a través de valoraciones subjetivas encuestadas en relación a las condiciones monitoreadas en viviendas

de la ciudad de Córdoba. Este análisis de datos se llevó a cabo con el método de medias por intervalo de sensación térmica (MIST), propuesto por Gonzalo Bojórquez et al., (2015) en relación al confort mediante métodos adaptativos. Logrando obtener, como era esperado, un rango de confort muy parecido a lo que establece la norma para la época de invierno. Es decir, que las personas en general, se sienten en confort dentro de los límites normalizados (18°C - 21°C) (IRAM 11659-1, 2004). Los documentos reglamentarios son fundamentales para la aceptación e implementación de una estrategia en la práctica arquitectónica y de ingeniería. Sin embargo, aunque los documentos reglamentarios se actualizan periódicamente, persisten algunas ambigüedades en la aplicación de modelos adaptativos de confort térmico en el diseño y operación de edificios (Carlucci et al., 2018).

Valoraciones y Mediciones de Temperatura.

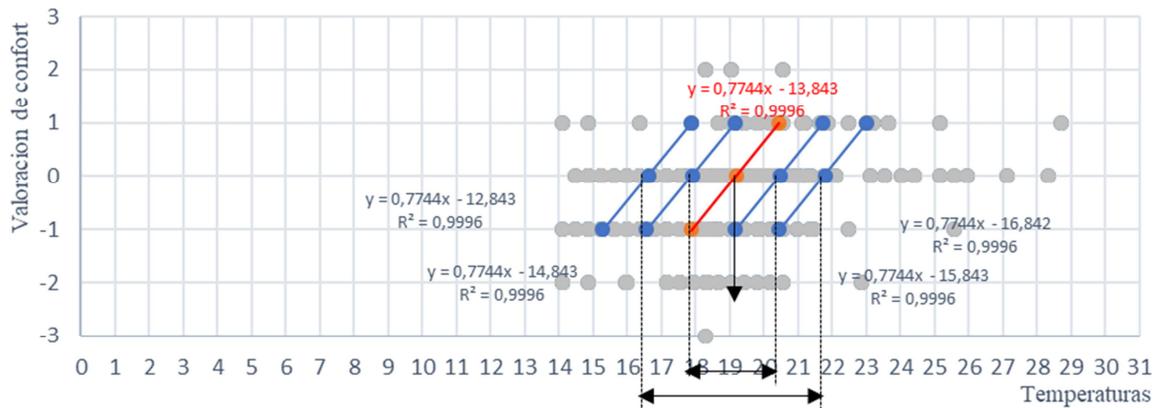


Figura 9: Tn y rangos de confort estrecho y extendido según el método (MIST).



Figura 10: HR neutral y rangos de confort estrecho y extendido según el método (MIST).

Autor	confort verano		confort invierno		meses en confort	clima de cordoba	estrategias
Olgay	21,5°C - 27,5°C	30% - 65%	20°C - 24°C	30% - 60%	abril - mayo	Frio y humedo	Radiacion
Givoni	18°C - 23°C	20% - 80%	21°C - 26°C	20% - 80%	Noviembre - Diciembre - Enero	Frio y humedo	Sistemas solares pasivos.
Evans	18°C - 28°C	Ampl. 8°C	18°C - 28°C	Ampl. 8°C	Enero - Abril	Frio y amplitud	ganancias solares - ganancias internas - inercia termica
MIST			16,6°C - 21,8°C	45% - 49%	-	Frio y humedo	-
IRAM 11603	22°C - 27°C	50% - 55%	18°C - 21°C	50%	-	Templado calido	viviendas agrupadas - evitar orientacion oeste - proteccion solar - colores claros exteriores

Tabla 2: Resumen de autores, zonas de confort establecidas por cada uno, definición del clima y estrategias propuestas para alcanzar el confort para la ciudad de Córdoba.

A su vez, la enorme amplitud térmica diaria, mensual y estacional, juega un rol fundamental en la definición de estrategias de diseño arquitectónico en la ciudad de Córdoba, que pierden relevancia cuando no apuntan específicamente a la problemática real del clima. En la tabla 2 se resumen los distintos autores mencionados.

CONCLUSIONES:

Córdoba, está definido como clima templado cálido y la normativa de referencia tiene recomendaciones de diseño en esa dirección. Pero las condiciones de los últimos 11 años nos determinan un clima frío y húmedo con requerimiento de estrategias diferentes. Considerando los resultados para el clima de Córdoba con las condiciones monitoreadas en los últimos 11 años en la estación meteorológica del Observatorio de Córdoba. Se observa, que la norma que se considera como referencia para la construcción (IRAM 11603), es la única fuente de las estudiadas que considera el clima de la ciudad en estudio como templado cálido, casi incluso despreciando la condición invernal. En los gráficos establecidos por los demás autores, se ubica en la zona de un clima mayormente frío, con alta humedad relativa y amplitudes térmicas excesivas.

Como consecuencia, las estrategias de diseño de la normativa en vigencia, son orientadas para evitar ganancias. Cuando en realidad lo que necesitamos es aprovecharlas la mayor parte del año, sumar elementos que contribuyan a la inercia térmica y aun así, se necesitaría complementar con ganancias internas en ciertas ocasiones por las grandes amplitudes. El resultado de esto se refleja en el excesivo consumo de energía, calefaccionando viviendas que podrían abastecerse casi en su totalidad con métodos adaptativos si se supieran los requerimientos exactos.

La valoración subjetiva de las personas expresada en el estudio realizado y descrito, establece que en la ciudad de Córdoba en el periodo invernal, para el 68% de las personas, el rango de confort se establece en los 18 °C /20 °C y para el 95% de las personas en el rango de los 16.6 °C a los 21.7 °C. El promedio de temperaturas en que se mantuvieron las viviendas sin calefacción fue de 18°C, es decir que se mantuvieron con parámetros interiores dentro del rango de confort establecido por el mayor porcentaje de los usuarios. Como se demuestra en el desarrollo del estudio, las personas sin acondicionamiento mecánico consideran confortable un rango más amplio y de menores temperaturas que las calefaccionadas. Como también éste segundo grupo experimenta sobrecalentamientos innecesarios. El promedio de las condiciones donde las personas valoran sentir ni frío ni calor, varía unos pocos grados, siendo para las personas en ambientes calefaccionados de 20.4°C y para las personas en ambientes no calefaccionados de 18.6°C. Ambos valores, con 2°C de diferencia, se mueven dentro del rango valorado por el 95% de las personas como confortable. Lo que reafirma que las viviendas de la ciudad de Córdoba, podrían acondicionarse a través de métodos adaptativos durante el periodo invernal si se ajustaran al real clima de Córdoba las estrategias de diseño recomendadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arballo, B., Kuchen, E., Scientific, N., y Naranjo, Y. A. (2016). Evaluación de modelos de confort térmico para interiores, (October).
- Arrieta, G., y Maristany, A. (2018). CAMBIANDO LOS PARADIGMAS: REVISIÓN DEL CONCEPTO DE CONFORT HIGROTÉRMICO DESDE LOS 60' HASTA LA ACTUALIDAD. *ASADES*, 12.
- Bojórquez, G., Gómez-Azpeitia, G., García-Cueto, R., Luna, A., y Romero, R. (2010). Confort Higrotérmico para actividades en espacios exteriores: Período cálido. *6CTV Mexicali2010*, 1–15. Retrieved from http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/12847/1/07_Bojorquez_Gomez-A_Garcia-C_Luna_Romero.pdf
- Bojórquez, Gonzalo, Gómez-Azpeitia, L. G., García-Cueto, O. R., Ruiz-Torres, R. P., y Luna, A. (2015). Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido en clima cálido seco. *Ambiente Construido*, 10(2), 133–146. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212010000200009>

- Carlucci, S., Bai, L., de Dear, R., y Yang, L. (2018). Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. *Building and Environment*, 137(March), 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.053>
- Coronato, T., Navone, H. D., y Abalone, R. (2017). EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA DEL PLAN PROCREAR. PRIMERAS PROPUESTAS DE MEJORAS. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 58(10), 3375–3379.
- Evans, M. (2011). LOS TRIANGULOS DE CONFORT: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA SUSTENTABILIDAD. *MACDES*.
- García Gomez, C., Bojórquez Morales, G., y Ruiz Torres, P. (2011). Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo. *Ambiente Construido*, 11(4), 099–111. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212011000400008>
- Givoni, B. (1981). Building Bioclimatic Chart.
- Gómez-Azpeitia, G., Morales, G. B., y Torres, R. P. R. (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados/Thermal comfort: two confronted theoretical focuses. *Palapa*, 2(1), 45–57. Retrieved from <http://revistasacademicas.uco.mx/index.php/palapa/article/view/43>
- Herrera Sosa, L. (2013). Temperatura y rangos de confort térmico en viviendas de bajo costo en clima árido seco. *Hábitat Sustentable*, 3(1), 26–36.
- IRAM 11603. (1996). IRAM 11603. ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE EDIFICIOS. Clasificación Bio Ambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11659-1. (2004). Aislamiento térmico de edificios Verificación de sus condiciones higrotérmicas Ahorro de energía en refrigeración. *Norma Argentina*, 1–36.
- Nicol, J. F., y Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Olgay. (1963). Diagrama bioclimático de Olgay. Retrieved from <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EOMoOOkeTNgJ:editorial.cda.ulpgc.es/ftp/ambiente/03-MasterUrb%2BPaisaje/2002-Acond-Ambiental-urbano/2-Comodo%2BClima/Comodidad/Diagrama%2520bioclimatico%2520de%2520Olgay-2p.doc+&cd=9&hl=es-419&ct=clnk>
- UNE-EN ISO 10551:1995. (2002).
- UNE-EN ISO 7730. (2006). Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005). *AENOR*, 58.

REVIEW OF WINTER COMFORT RANGE FOR HOUSING IN CORDOBA AS A REQUIREMENT FOR NATURAL CONDITIONING

ABSTRACT: This work presents the results of a field study carried out in the city of Córdoba with the objective of verifying the comfort ranges from the subjective evaluation of the indoor temperature and HR conditions in which people live in the city's homes.

The study was carried out in 12 homes, obtaining a total of 416 surveys answered during the months of June and July 2019, and evaluations a representative winter period. Neutral temperature and relative humidity and comfort ranges are estimated with the method of means by thermal sensation interval (MIST), comparing the comfort range with that established by other authors.

The objective of this study is, from the temperature and humidity conditions relieved in the homes, to verify the thermal preference ranges valued in winter and if, taking them as an objective, it is possible to include passive conditioning strategies to reduce air conditioning mechanics in the winter period without losing sight of the current requirements of thermal comfort.

Keywords: Thermal comfort, indoor environments, passive adaptation.