

Confort higrotérmico en el espacio público en un tejido tradicional: el caso del barrio de Embajadores

Thermal comfort in public space: Embajadores neighbourhood

María Victoria Fernández Áñez *

Fecha de superación del Tribunal Fin de Máster: 14.07.2014

Tutor: José Fariña Tojo

Resumen

El diseño del espacio público debería adaptarse a las condiciones territoriales y climáticas de las ciudades. El confort térmico se considera así un factor fundamental que influye en el uso del espacio público. Al haberse desarrollado de forma progresiva, los tejidos urbanos tradicionales se adaptan a estas condiciones climáticas del entorno, y la configuración de los espacios públicos situados en ellos tiene estos factores en cuenta.

Esta investigación tiene como objetivo confirmar si las condiciones climáticas en el espacio público del barrio de Embajadores permiten alcanzar el confort térmico en el espacio público.

La metodología propuesta contrasta el análisis de tres aspectos diferentes (clima, diseño del espacio público y confort térmico) con la opinión de sus usuarios. De esta forma se evalúa la proximidad de las diferentes formas de análisis a las opiniones de las personas y se confirma la posibilidad de alcanzar el confort térmico en el espacio público en el tejido urbano analizado.

Palabras clave

Confort, microclima urbano, espacio público, percepción, índice de confort.

Abstract

Public space design should be adapted to territorial and climatic conditions of each city. Thermal comfort is a very important factor that influences public space use. Traditional urban fabrics are presumed to be adapted to these conditions, having developed in a progressive way. Hence, its public spaces configuration must have taken these factors into account.

This research aims to confirm whether climatic conditions in public space in Embajadores neighbourhood allows reaching thermal comfort in public space. A methodology that contrasts three different analysis aspects (climate, public space design and thermal comfort) with the opinion of daily users. This way it will be possible to evaluate which of the analysis is closer to the opinions of people and confirm the possibility of reaching thermal comfort in public space in the analyzed urban tissue.

Keywords

Comfort, urban microclimate, public space, perception, comfort index.

* **María Victoria Fernández Áñez** es alumno/a de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, vfernandezanez@gmail.com.

• Ref. Bib.: FERNÁNDEZ-ÁÑEZ.V. (2014) "Confort higrotérmico en el espacio público en un tejido tradicional: el caso del barrio de Embajadores", Territorios en Formación N.07, pp. 37-55.

1. Introducción

En la actualidad existen numerosos estudios sobre el confort que demuestran que la arquitectura y el urbanismo tradicional se adaptan a las condiciones climáticas de cada lugar colaborando a lograr el confort en interiores y en exteriores. Estos estudios parten de la hipótesis de que los tejidos urbanos y arquitecturas tradicionales se han desarrollado de forma pausada a lo largo del tiempo creando formas adaptadas a las condiciones climáticas y topográficas del lugar en que se asientan y por ello presentan una mejor aptitud para proporcionar confort higrotérmico (Singh M.K. et al. 2010, Dili, A.S. et al. 2010; Nguyen et al. 2011; Neila González, 2004). La mayoría de estos estudios se centran en tipologías arquitectónicas mientras que muy pocos de ellos analizan el espacio público generado (Khoukhi, 2012).

Dada la importancia del espacio público en los países de clima mediterráneo y en concreto en la ciudad de Madrid, se pretende demostrar la eficacia en términos de confort del espacio público de un tejido tradicional: el barrio de Embajadores.

Hipótesis: Los tejidos tradicionales, y en este caso el barrio de Embajadores, presentan características que permiten alcanzar en ellos situaciones de confort en el espacio público.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del espacio público del barrio de Embajadores desde la perspectiva del confort higrotérmico.

Los objetivos secundarios son:

- Determinar una metodología de análisis que combine criterios climáticos, de diseño y de percepción de las personas usuarias.
- Determinar la importancia de cada uno de estos análisis.
- Establecer correlaciones entre ellos y el diseño del espacio público.

Área de estudio

Se ha seleccionado el barrio de Embajadores, situado en el distrito centro de la ciudad de Madrid, como ejemplo de barrio tradicional con un importante uso del espacio público. El área de estudio comprende las calles, plazas y el parque que están situados dentro del barrio.

La morfología corresponde a un casco histórico de la ciudad tradicional, presentando la zona de estudio una alta homogeneidad.

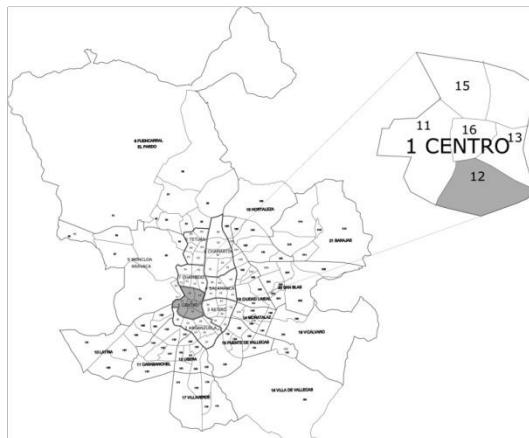


Figura 1. Situación del área de estudio. (Fuente: elaboración propia).

Metodología

La metodología utilizada se resume en el cuadro 1.

Estudio climático	Datos climáticos	humedad relativa, temperatura, viento, etc.	Climograma de Olgay	invierno	Sin aplicación directa	
				verano		
Estudio de diseño	Planos	vegetación	Análisis con criterios de diseño	invierno	Espacio público total, plazas y calles	
		pavimentos				
	Simulación	viento		verano		
		soleamiento				
Estudio de índices de confort	Datos	Humedad relativa	ASV	invierno	Espacio público total, plazas y calles	
		Temperatura		verano		
	Simulación	Viento	ASV Thesaloniki	invierno		
		Soleamiento		verano		
Estudio perceptivo a través de encuestas	Perfil del usuario/a		Resultados de las encuestas	invierno	Plazas	
	Perfil de uso					
	Cuestionario de confort	Confort			Verano	Plazas
		Radiación				
		Humedad				
		Viento				
	Bienestar general					

Cuadro 1. Metodología. (Fuente: elaboración propia).

2. Estado del arte: confort en el espacio público

Tradicionalmente, se ha definido el confort higrotérmico en términos fisiológicos como «la situación en la que nuestro cuerpo está haciendo el menor esfuerzo para regular su temperatura interna» (Ochoa et al., 2009). Se definía así desde la neutralidad frente a las condiciones térmicas. La evolución del término a lo largo del tiempo ha llevado a definiciones que incluyen factores psicológicos como la de la ASHRAE (2000): confort es «aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico». Se relaciona con factores térmicos complejos y en relación con factores ambientales (temperatura, radiación, humedad relativa y velocidad del aire) y personales (tipo de actividad a desarrollar). Estos parámetros no son suficientes para definirlo, sino que debe tenerse en cuenta la importancia de otros factores como la posibilidad de realizar acciones adaptativas o el tiempo de exposición (Nikolopoulou et al., 2001).

Los índices de confort se crean para poder manejar una combinación múltiple de parámetros a la hora de evaluarlo. En los últimos años, han evolucionado e para incluir el enfoque adaptativo, que contempla la inclusión de aspectos psicológicos. Las investigaciones más recientes sobre el bienestar en espacios abiertos como las de Nikolopoulou (Nikolopoulou et al., 2004) se basan en los índices adaptativos definidos por Humphreys (1978) y posteriormente desarrollados por Aroztegui (1995) cuyo principio es que si las condiciones ambientales térmicas no son las apropiadas para que los usuarios estén en bienestar, éstos harán los cambios necesarios para sentirse térmicamente confortables. Los modelos estáticos de confort térmico como el de Fanger (1970) tienden a sobreestimar el desconfort en el espacio público. Estos índices objetivos se deben

combinar con índices subjetivos para poder aproximarse a una evaluación del confort en espacio público.

El interés público por la calidad de los espacios públicos y su relación con el bienestar se ve reflejado en el proyecto europeo RUROS. En él se investigaron dos tipologías de espacio público en 7 ciudades europeas de diferentes condiciones climáticas. Se tomó como punto de partida la importancia de la combinación de datos del entorno físico con los requerimientos y preferencias de las personas que lo usaban. A partir de encuestas se elaboró el ASV (Actual Sensation Vote). Los datos empíricos revelaron una correlación entre los datos microclimáticos recogidos y la valoración de las personas.

Por último, en lo que se refiere a la relación entre los parámetros de diseño del espacio público y el confort higrotérmico, la herramienta fundamental sigue siendo el diagrama de Olgay (1963). Olgay define en su trabajo las características de diseño que puede utilizarse para mejorar el confort higrotérmico. Pese a la evolución del concepto de confort en el espacio público y los grandes avances realizados en la definición de índices de confort, esto no se ha traducido en avances de la misma magnitud que los relacionen con el diseño del espacio público.

3. Análisis climático y de requerimientos de confort.

Se ha realizado un análisis climático de la ciudad de Madrid con los datos obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología. Dada la situación geográfica de la zona a estudiar se han utilizado datos de la estación de Retiro, por ser la estación más próxima físicamente al área de estudio y por no encontrarse entre la estación y el lugar ningún accidente geográfico que pudiera intervenir en esta medición (por ejemplo, el río). Se han estudiado las temperaturas, humedades, vientos e insolación. Finalmente se ha trazado el climograma de Olgay (Figura 2).

En el climograma de Olgay se han reflejado gráficamente las zonas de confort correspondientes a diferentes arropamientos. El arropamiento estándar de 1 clo corresponde a una persona con traje y camisa de manga larga, un atuendo de oficina. Se considera equiparable al arropamiento de una persona en el espacio público durante las épocas de transición de año en la ciudad de Madrid: Otoño y Primavera.

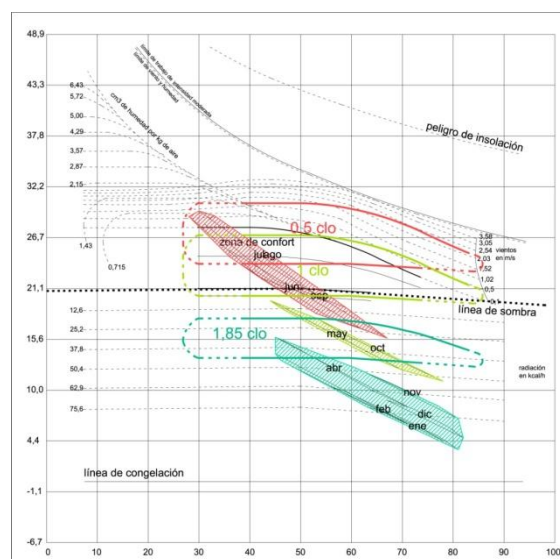


Figura 2. Climograma de Olgay. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del AEMET).

Se ha determinado la existencia de dos estaciones principales: invierno y verano. Invierno comprende los meses de noviembre a Abril. La estrategia principal a seguir en estos meses es la de la radiación. Será importante evitar las pérdidas de calor por convección y conducción evitando el viento. El verano está comprendido por los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. En estos meses será posible utilizar la combinación de varias estrategias: sombreado, ventilación y evapotranspiración. El sombreado, que será siempre necesario en las horas centrales del día. La ventilación y la evaporación podrán combinarse en diferente medida para obtener el bienestar en las horas centrales de los meses de Junio, Julio y Agosto.

En el clima de la ciudad de Madrid, las estaciones de primavera y otoño tienen una duración breve. Según el climograma y la clasificación realizada, a primavera le correspondería tan sólo el mes de Mayo y a Otoño el mes de Octubre, y por lo tanto no se estudiarán.

4. Análisis espacial de confort

Análisis con respecto a parámetros de diseño

Variables analizadas	Estrategias relacionadas
1.Pavimentos	Radiación
2.Vegetación	Radiación Sombreamiento Evaporación
3.Vientos	Ventilación
4.Soleamiento	Radiación Sombreamiento

Cuadro 2. Correlación entre variables analizadas y estrategias para lograr el confort. (Fuente: elaboración propia).

La revisión del estado de la cuestión ha revelado la inexistencia de índices que relacionen los parámetros de diseño del espacio público con el confort higrotérmico. Se propone una forma de análisis del confort a partir de los elementos de diseño del espacio público que influyen en este para realizar y validar una primera aproximación básica a esta posibilidad.

Se ha realizado una correlación entre los mecanismos anteriormente mencionados y las variables del diseño urbano que tienen una influencia en el confort térmico en los espacios exteriores o abiertos (Higueras, 2006; Lenzholzer, 2011; Hernández, 2013; Ochoa et al, 2009). A partir de esta relación se han definido las variables a analizar.

El análisis de la vegetación se ha realizado mediante la aplicación “Un alcorque, un árbol” (Ayuntamiento de Madrid) incluyendo el diámetro aproximado actual de las copas de los árboles mediante fotografía aérea, dado que este dato no estaba presente. La superficie que cubren sus copas en proyección horizontal es de aproximadamente el 18 % del espacio público analizado.

El análisis de los pavimentos refleja que la mayoría de los pavimentos presentes en el barrio de Embajadores son impermeables, siendo fundamentalmente estos granito, hormigón y asfalto. Además de la evapotranspiración se ha tenido en cuenta los aspectos de albedo y emisividad.

Simulaciones

Los análisis de viento y soleamiento se han realizado mediante simulación. Para las simulaciones se ha utilizado el programa *Ecotect* y su aplicación *Airwin*. En primer lugar se ha modelado en 3D una simplificación del Barrio de Embajadores, simplificando las pendientes del

terreno en varias superficies inclinadas y las manzanas cómo bloques de la altura media de sus edificios.

Para la simulación de sol los datos utilizados proceden la Agencia Estatal de Meteorología. Se han realizado dos simulaciones, invierno y verano. En ellas se ha evaluado la radiación media diaria recibida durante los meses de esa estación en la superficie del espacio público del barrio de Embajadores. Se ha considerado el horario desde las 7 de la mañana a las 8 de la tarde.

Para la simulación de viento se ha utilizado la dirección principal de los vientos, de procedencia noreste, en la que se producen los vientos con mayor frecuencia, y la velocidad principal con la que se produce, 3 m/s y dirección noreste para los dos periodos. La simulación es única para los dos periodos, aunque los valores que se consideran positivos y negativos para el bienestar variarán en los análisis.

Es importante resaltar la limitación de estas simulaciones ya que no se ha incluido en ellas el arbolado.

Superposición de datos

Los datos se han superpuesto con una metodología similar a la del análisis de paisaje mediante el programa ArcGIS. Se han realizado análisis ráster, se han asignado valores a las diferentes características de diseño y luego se han sumado mediante la herramienta algebraica. Se han asignado valores positivos y negativos al análisis realizado según criterios de confort higrotérmico. Se observa que el confort se logra en mucha mayor superficie en invierno que en verano. El sol resulta un factor determinante. Todos los campos analizados presentan mejores condiciones en invierno que en verano a excepción del viento. En el análisis correspondiente a los meses considerados de invierno, a las características de insolación se le han dado valores positivos (+1) a la insolación que superaba las 35 kcal/hora (478Wh para el periodo de 12 horas analizado), que es la que aparece en el diagrama de Olgay cómo la media necesaria para lograr el confort en las horas centrales del día para el arropamiento de invierno. La radiación inferior a esta se ha considerado como una cualidad negativa dándole el valor -1.

En lo que se refiere al viento, los vientos medios mayores de 2 m/s se han considerado negativos. Se han considerado positivos los espacios sin arbolado o con arbolado de hoja caduca y negativos los espacios con arbolado de hoja perenne. Por último, los pavimentos impermeables, principalmente granito, se han considerado positivos, mientras que los permeables se han considerado negativos. El resultado de la superposición ha sido predominantemente de confort, dibujándose en colores cálidos (amarillo) los espacios que cumplen más de dos condiciones de las mencionadas. Muchas de las calles importantes presentan cuatro de las condiciones de diseño señaladas como positivas para lograr el confort higrotérmico durante el invierno. Se trata de calles casi perpendiculares a la dirección del viento pero con ancho algo mayor que permite su soleamiento, dado que además poseen arbolado de hoja caduca. La mayoría de las plazas del barrio de Embajadores reúnen tres de las condiciones favorables reuniendo en algunas de ellas mayor parte de sus superficies 4 de estas condiciones. Ambas plazas tienen orientación casi sur y dimensiones más pequeñas que las protegen de los vientos.

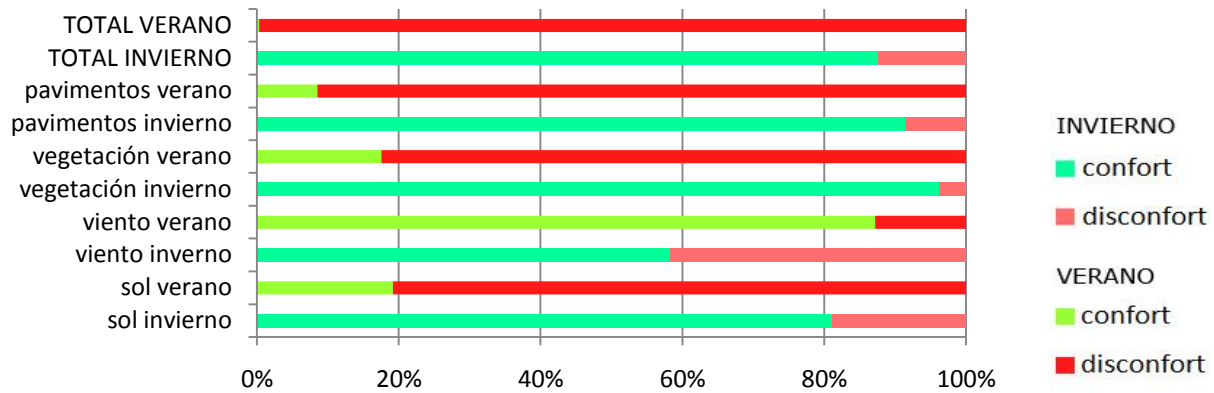


Figura 3. Porcentaje del espacio en situación de confort y disconfort. (Fuente: elaboración propia).

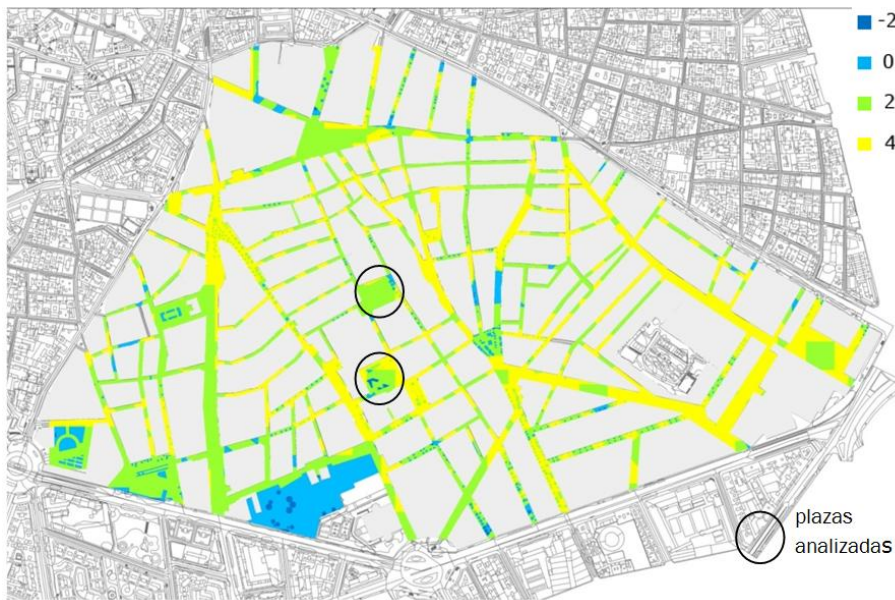


Figura 4. Análisis de diseño. Periodo de invierno. (Fuente: elaboración propia).

En el análisis de los meses considerados de verano, se ha dado un valor positivo a los espacios que captan una radiación mínima, por debajo de 320 Wh. Todos los valores por encima de ello se han considerado negativos- En lo que se refiere al viento, se ha considerado positiva su influencia térmica y mecánica por encima de los 2m/s, de modo que el viento es suficiente para lograr el bienestar con arropamiento de primavera, y por debajo de los 10m/s, a partir de los cuales se considera que causa disconfort por efectos mecánicos (Luxán et al, 2011). Durante el verano la presencia de vegetación se ha considerado positiva, dándole a las proyecciones de las copas de los árboles un valor +1. El pavimento se ha considerado como positivo de ser permeable y negativo el pavimento impermeable y de bajo albedo cómo el asfalto y el granito.



Figura 5. Análisis de diseño. Periodo de verano. (Fuente: elaboración propia).

En el caso de verano, el resultado predominante ha sido de desconfort. En este análisis se han marcado de nuevo en colores cálidos los espacios de mayor temperatura. Existen algunos lugares ajardinados o más protegidos de los vientos, como la plaza del General Vara del Rey, de la plaza de Agustín Lara, o algunos tramos de las calles Olivar y Ave María que se sitúan en confort. El efecto de la vegetación alivia el desconfort.

Otros análisis de confort: índices de confort

A partir del estudio realizado sobre la evolución del concepto de confort en el espacio público se deduce que el índice de confort más utilizado en la actualidad para el espacio público es el Actual Sensation Vote o ASV. En principio se probaron a simular el PMV, obteniendo valores para invierno que oscilaban entre -4 y -5 y valores de verano que oscilaban entre -1 y +1, pero no se han considerado relevantes para la comparación.

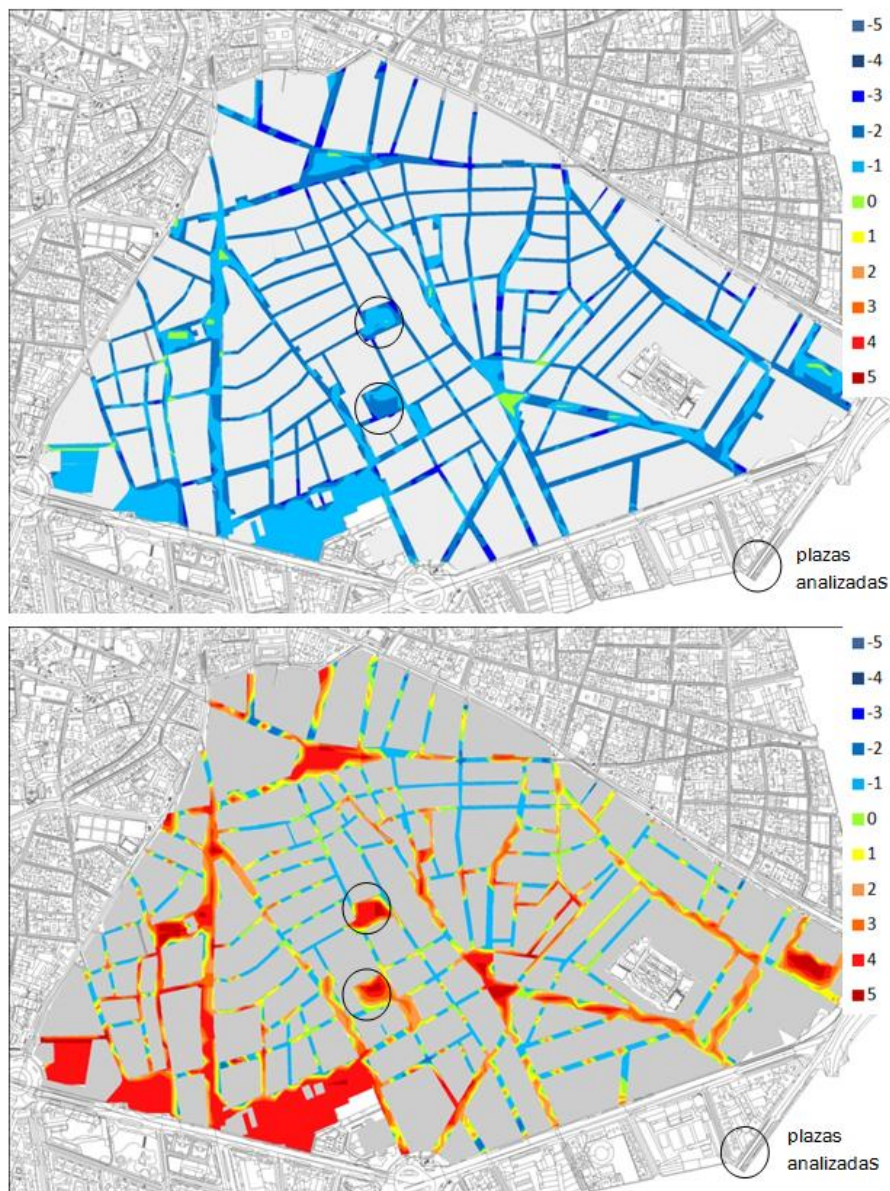
Así pues, se ha procedido a realizar un análisis espacial de ASV. Este índice sólo se ha utilizado de forma puntual, no se ha utilizado realizando representaciones espaciales, ni pueden realizarse con programas de simulación directa, así que esto constituye uno de los principales aportes de este trabajo. Se han realizado dos pruebas con dos versiones distintas de este índice. En primer lugar, se ha utilizado el índice general desarrollado para Europa. Este índice desarrollado a partir de encuestas y datos empíricos, responde a la siguiente fórmula:

$$ASV=0.049T_{air}+0,001S_{ol}-0.051V-0.014HR-2.079$$

T_{air} =temperatura del aire, S_{ol} = radiación global; V = velocidad de viento; HR =humedad relativa

Se han considerado constantes los datos de humedad relativa y temperatura del aire considerando el dato de las medias de verano (T=22,675°C y H=44%) e invierno (T=8,95°C y H=64,8%).

Estos datos se han superpuesto a los datos referenciados de las simulaciones de radiación y humedad relativa, sin tener en cuenta el factor de la vegetación (por los problemas de modelización mencionados). Se pretende así obtener una primera aproximación a la representación física de este índice, que hasta el momento no se ha realizado.

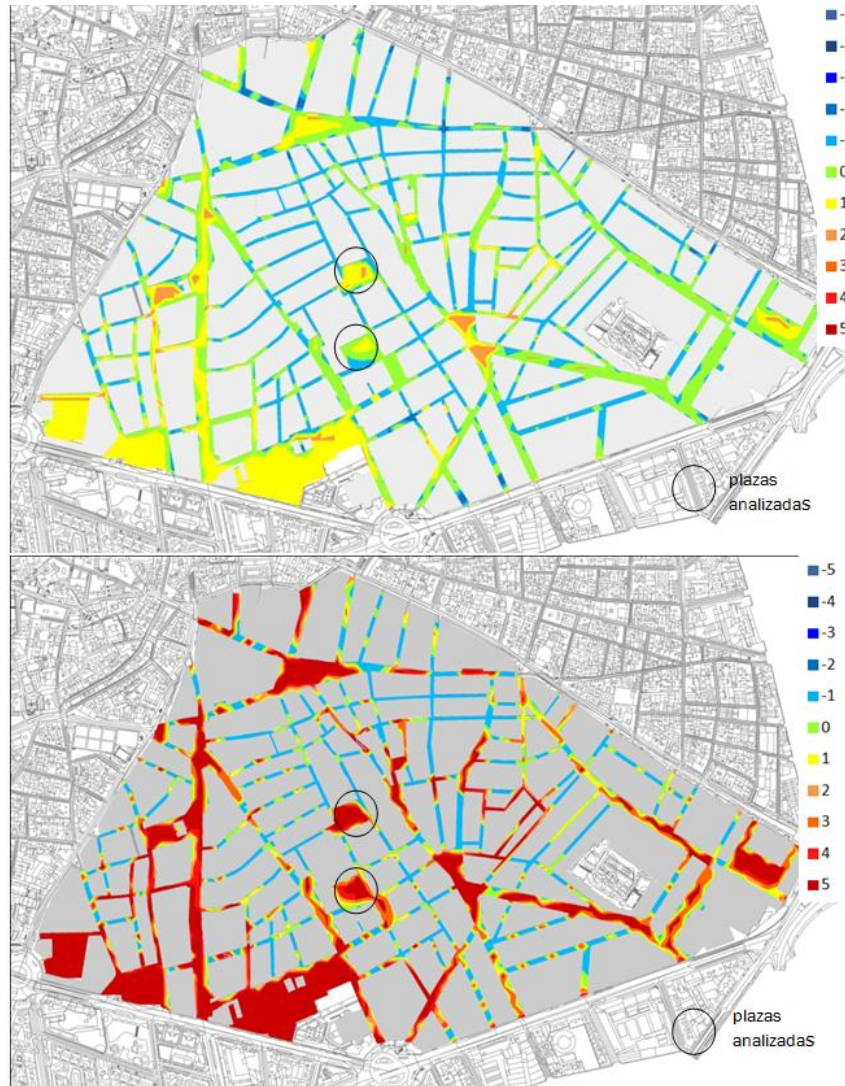


Figuras 6 y 7. ASV general. Periodos de invierno (superior) y verano (inferior). (Fuente: elaboración propia).

Así, este es el resultado para el barrio de Embajadores en el periodo de invierno. ASV es un índice de 9 puntos (de -5, mucho frío, a 5, mucho calor) en el que los valores entre -1 y +1 se consideran de confort. Así, según este índice gran parte del barrio se encontraría en bienestar durante el invierno. tanto calles como plazas, en tonos verde y azul claro, favorecerían encontrar el

confort en ellas. El soleamiento parece ser el factor determinante, lográndose el confort especialmente en las zonas centrales de las plazas y en las calles más anchas, que son las zonas de mayor accesibilidad solar. Zonas con accesibilidad solar pero mayor exposición al viento, no alcanzan el confort.

Las condiciones de verano en el barrio de Embajadores no son representadas cómo tan favorable según ese índice. La excesiva exposición al sol, fundamentalmente, hace que las zonas centrales de las plazas y muchas de las calles más anchas y/o con orientación norte-sur se consideren en disconfort. Las calles estrechas son en este caso las que presentan un mayor confort higrotérmico, debido a sus dimensiones y su protección del sol.



Figuras 8 y 9. ASV Tesalónica. Periodos de invierno (superior) y verano (inferior). (Fuente: elaboración propia).

En segundo lugar se realizó una revisión de las ciudades utilizadas para la definición del índice, para las que se han realizado particularizaciones. Se llegó a la conclusión de que Tesalónica era, de las ciudades analizadas, la del clima más parecido a Madrid debido a sus temperaturas.

$$ASV=0.036T_{air}+0,0013S_{ol}-0.038V-0.011HR-2.197$$

En lo que se refiere al confort durante el invierno, y teniendo en cuenta que este índice considera confort los valores entre -1 y 1, casi todo el espacio público se presente en confort, e incluso algunas zonas, aparecen como algo calurosas obteniendo una valoración de 2.

Sin embargo, en verano la mayor parte del espacio público tiene una valoración de disconfort por exceso de calor. Muchas de las calles estrechas permanecen sin embargo en situación de confort, y se convierten en reductos de espacios de bienestar higrotérmico susceptibles de ser utilizados de otras formas.

Conclusiones parciales

Para la realización de las conclusiones parciales de este apartado se ha realizado una síntesis de valores numéricos de confort y disconfort.

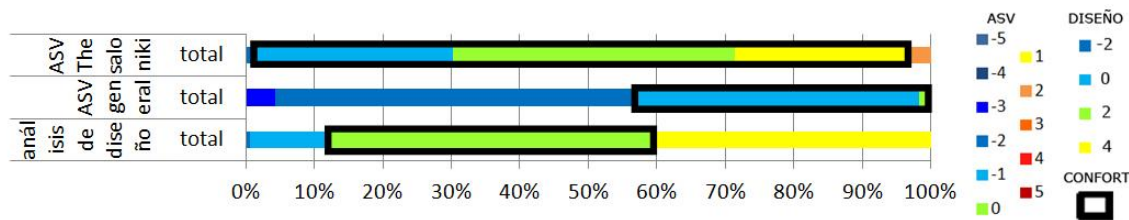


Figura 10. Comparación de análisis. Periodo de invierno. (Fuente: elaboración propia).

En el invierno, existen importantes diferencias de valoración del confort. El índice que refleja un mayor confort en el espacio público es el ASV diseñado para Tesalónica, mostrando más del 95% del espacio público en situación de confort. El ASV general y el análisis con respecto a los factores de diseño presentan un porcentaje de en torno a un 40% de espacio público en confort. La diferencia entre estos dos últimos es que el análisis básico da valores menos extremos, clasificando espacios más cálidos y más frescos, mientras que el análisis de ASV general califica los espacios en disconfort siempre como más cálidos.

En lo que se refiere a la distribución espacial del confort, al tomar los mismos datos de soleamiento y viento como punto de partida, todos los índices general una imagen muy parecida del barrio. El confort se haya principalmente en los lugares soleados y protegidos del viento.

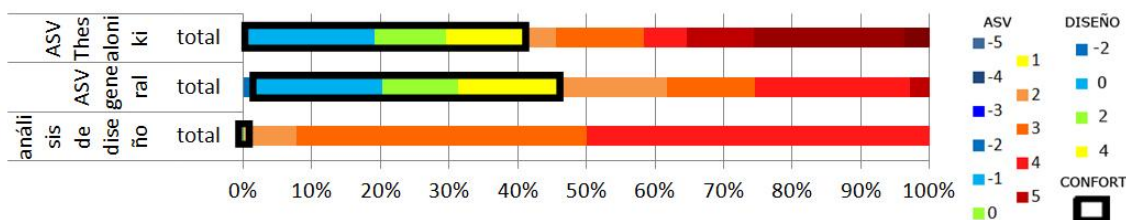


Figura 11. Comparación de análisis. Periodo de verano. (Fuente: elaboración propia).

En el verano, destaca el análisis a partir de elementos de diseño por arrojar unos resultados mucho más negativos respecto al espacio público. Esto es aún más importante dado que tiene en cuenta la vegetación en el espacio público como un factor favorable para el confort. Además los espacios calificados como de disconfort están en más de un 90 % en un disconfort agudo en el que se cumplen entre 2 y 4 de las condiciones de disconfort en el espacio público

El ASV general y el aplicado a Tesalónica arrojan en este periodo un resultado muy parecido, de más del 40% del espacio público en situación de confort, si bien el disconfort es más acusado en el análisis de ASV aplicado a Tesalónica. En cuanto a la distribución espacial, este disconfort se

presenta especialmente en los espacios abiertos y carentes de sombreado. El viento o la humedad no son suficientes para compensar el efecto del sol.

5. Encuestas en el espacio público

Se han seleccionado dos espacios representativos del barrio de Embajadores. Los estudios enfocados a espacios públicos se realizan fundamentalmente en plazas en la literatura sobre confort revisada (Urrutia,2010; Lenzholzer, 2011; Karminia et al., 2011; Chen & Ng, 2012;). Por ello se eligieron dos plazas significativas que en los análisis iniciales de confort con respecto al diseño mostraran una variedad de situaciones y combinaciones con respecto a soleamiento, viento, vegetación, y tipo de pavimentos. Estas son las plazas de Agustín Lara y la de Cabestreros. Las 110 encuestas se han realizado en condiciones intermedias en Noviembre y Junio, los meses de medias de temperatura y humedad relativa más próximas a la media de cada estación. Se llevaron a cabo a lo largo de 4 días: dos días entre semana, en este caso el viernes 15 de noviembre y el 18 de Junio, y dos días de fin de semana, el día 16 de Noviembre y el 21 de Junio, sábado. Se eligieron tres momentos del día: por la mañana (comenzando a las 10:30), al mediodía (comenzando a las 15:00) y por la tarde (comenzando a las 18:30).

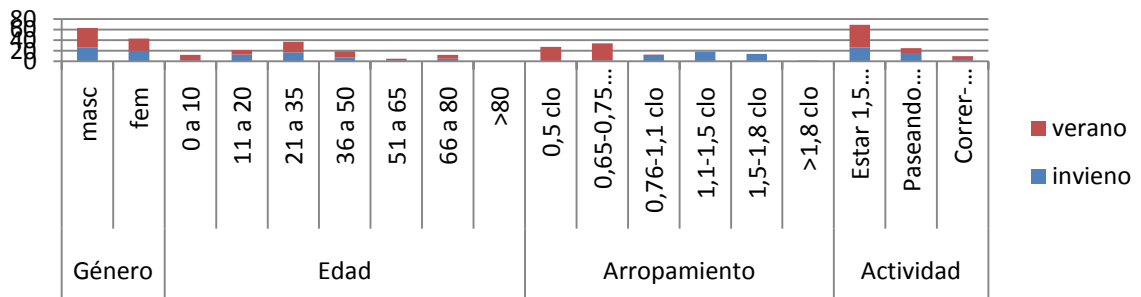


Figura 12. Perfil de las personas encuestadas. Elaboración propia.

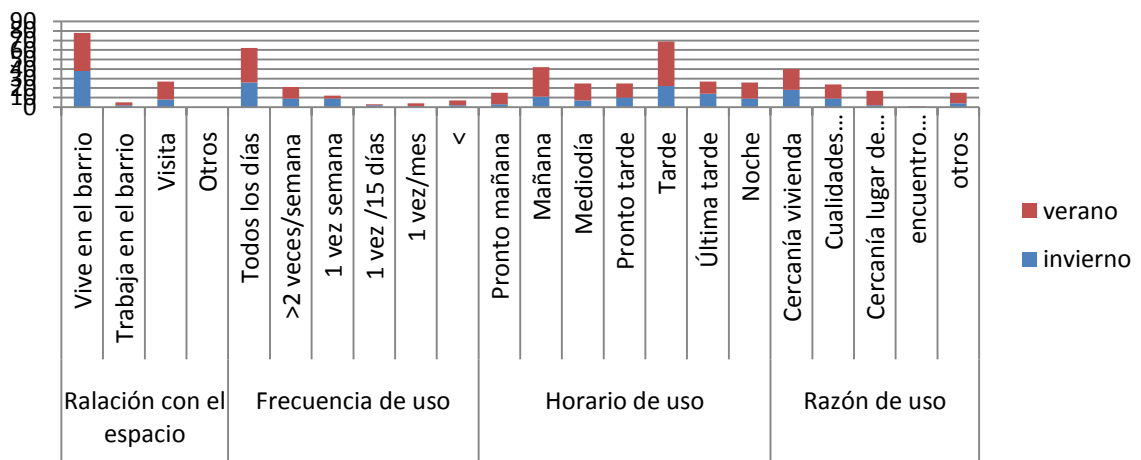


Figura 13. Perfil de uso del espacio público de las plazas. (Fuente: elaboración propia).

Se intenta que el perfil sea lo más variado posible con respecto a género, edad y actividades realizadas. A continuación se realizan una serie de preguntas que describen el uso que las personas encuestadas hacen del espacio y las razones por las que lo utilizan.

Para la realización de las preguntas sobre confort se han seguido las pautas trazadas por Gonçalves et al. (2009). En las encuestas de confort existe una dificultad para registrar una amplia

gama, por ello, con respecto a las 5 opciones del Voto Medio Predicho o del ASV, se optó por una valoración más reducida que facilitara la realización de la encuesta y aumentara su eficacia. (Gonçalves et al., 2009; Nematchoua, 2014)

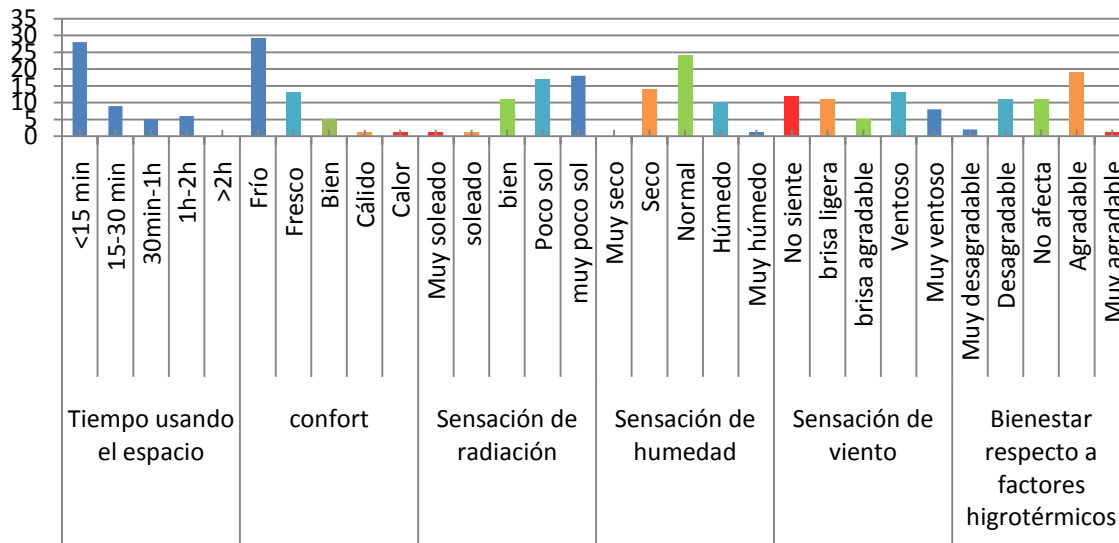


Figura 14. Confort higrotérmico en las personas encuestadas. Periodo de invierno. (Fuente: elaboración propia).

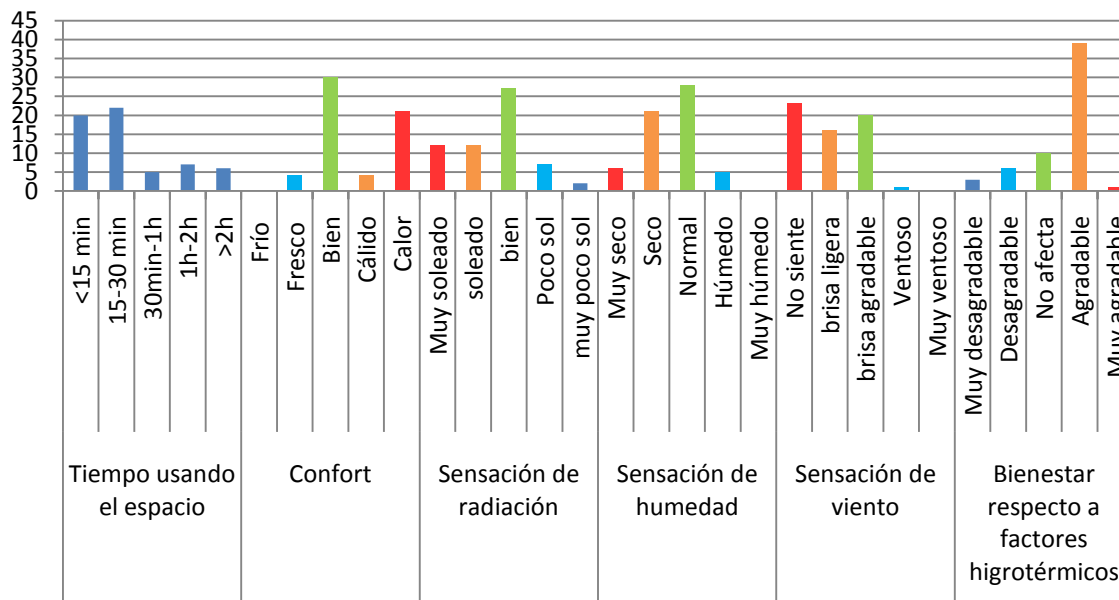


Figura 15. Confort higrotérmico en las personas encuestadas. Periodo de verano. (Fuente: elaboración propia).

En primer lugar se evalúa la permanencia de las personas en el espacio libre durante el invierno. La mayoría de las personas encuestadas habían permanecido en el momento de la encuesta menos de 15 minutos en el espacio, lo que implica que su adaptación a las condiciones climáticas es menor. Más del 50% de las personas encuestadas calificaban las condiciones higrotérmicas de frío, en segundo lugar en importancia las consideraban frescas.

Existe en el invierno una correlación notable entre el discomfort y la sensación de frío y la ausencia de sol, siendo la respuesta más frecuente este respecto la sensación de muy poco sol, seguida de poco sol. Aproximadamente un 20% de las personas encuestadas han considerado que la cantidad de sol era adecuada. En lo que se refiere a la sensación de humedad, esta era la variable más difícil de percibir por las personas, considerando la mayoría de ellas que las condiciones de humedad eran normales, aunque en torno a un 25 % de ellas lo consideraba seco y casi un 20% húmedo. La sensación de viento ha sido la más variable durante el invierno. La mayoría de las personas han considerado la plaza ventosa pero casi en el mismo número han considerado que no sentían viento o sentían una brisa ligera. En contraste con las claras percepciones negativas en lo que se refiere a confort y soleamiento, las personas encuestadas (en torno a un 30%) consideraron las plazas analizadas como agradables frente a los factores higrotérmicos descritos, aunque casi un 20% las encontraron desagradables, en la misma medida en la que consideraron que los factores climáticos no les estaban afectando en ese momento. Se ha reducido el rango de encuesta de los habituales 7 puntos de confort que utilizan la ASHRAE, y los índices PMV, ASV, etc. % 5 de modo que se facilite la respuestas sobre sensación a las personas encuestadas (Gonçalves et al., 2009; Nematchoua, 2014).

En el análisis de verano, se observa cómo la franja de tiempo en el que se utiliza el espacio aumenta, siendo la predominante 15-30 minutos, seguido de menos de 15 minutos. El 50% de las personas se encuentra bien con respecto al confort, no sintiendo ni frío ni calor, pero el 30% de las personas encuentra que hace calor. Al igual que en invierno, existe un importante paralelismo entre la sensación de confort y la de radiación. En las encuestas de verano las personas encuestadas presentaron menor dificultad para calificar la sensación de humedad. Si bien vuelve a predominar la sensación de humedad normal, aunque se observa claramente una tendencia a considerar el ambiente seco. Con respecto al viento, predominan las personas que no sienten viento, aunque si brisa ligera y brisa agradable, en torno al 30% cada una, lo que puede haber sido determinante a la hora de determinar la sensación. Y es que casi un 60% de las personas encuestadas consideran el ambiente agradable y tan sólo un 15% lo califica de desagradable o muy desagradable, pese a que el 30% de las personas encuestadas consideraban que hace calor.

Conclusiones parciales

La principal conclusión extraída de las encuestas realizadas es que las personas en el espacio público analizado amplían su rango de confort. La mayoría de las personas se encuentran en situación de bienestar.

Existe una falta de correlación entre sensación de frío y calor y falta de bienestar respecto a los parámetros higrotérmicos.

Existe un importante paralelismo, especialmente en invierno, entre las condiciones de confort y el soleamiento. La sensación de viento ha resultado menos determinante en las encuestas de invierno aunque sí en las de verano. La contribución de la sensación de humedad a la sensación de bienestar es poco apreciable en invierno aunque en verano está directamente relacionada con la sensación de confort y la de radiación solar. El viento no tiene una importante influencia en las encuestas realizadas.

6. Discusión

Se ha realizado una comparación en porcentajes entre los diferentes análisis e índices de confort y el estudio de campo realizado. Se han separado los valores distinguiendo entre calles y plazas, ya que las encuestas tan sólo se han realizado en plazas. El espacio analizado del barrio de Embajadores está compuesto por calles en un 71 % y por plazas en un 22%. Se han excluido las zonas verdes por sus particularidades.

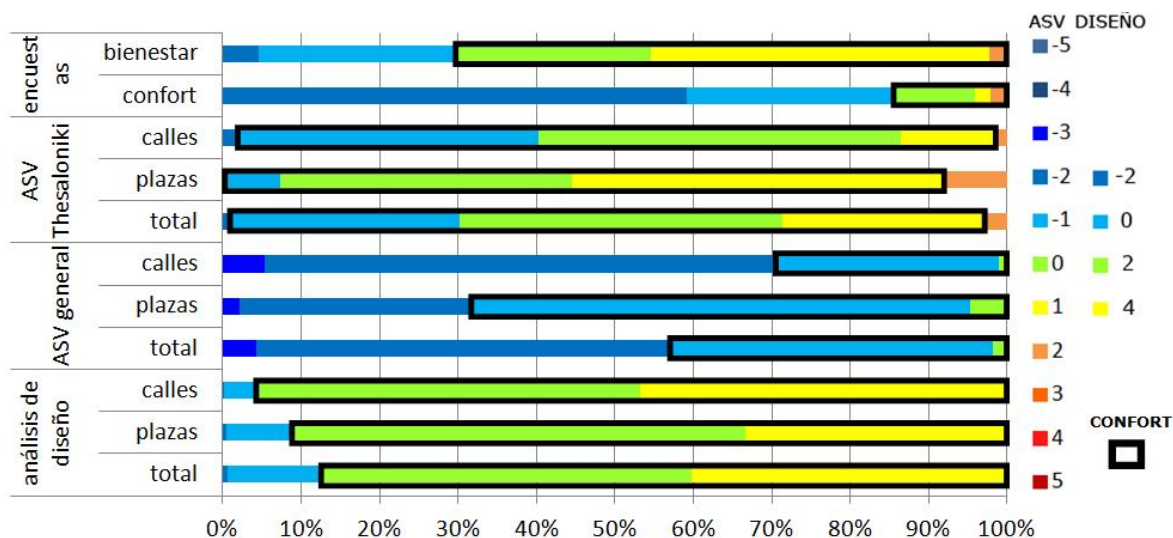


Figura 16: Comparación de resultados de los diferentes análisis con las encuestas. Periodo de invierno. (Fuente: elaboración propia).

Durante los meses de invierno se observa una importante correlación entre el bienestar percibido y los diferentes análisis desglosados, especialmente ASV Tesalónica y el análisis de diseño. ASV general presenta un mayor porcentaje de valor -1, “fresco”. Más del 70% de las personas encuestadas están en bienestar (neutro, agradable o muy agradable) mientras sólo el 10% están en confort (ni frío ni calor). Más del 90% están en confort según el análisis de diseño y el ASV de Tesalónica.

En lo que se refiere a la comparación entre el confort en calles, plazas y el conjunto del espacio público, durante los meses de invierno las plazas son más cálidas que las calles según el ASV (incluso con más de un 30% de diferencia en el caso de ASV general), y por lo tanto es más fácil lograr el confort en ellas. Es probable que esto se deba a la importancia dada al sol en la ponderación de estos índices. El índice de ASV para Tesalónica refleja una menor diferencia entre el confort en plazas y calles. El análisis de diseño, en el que todos los factores tienen el mismo peso relativo, refleja las calles como más adecuadas para lograr el confort, aunque la diferencia entre calles y plazas es mucho menor.

En el caso de verano, existe una menor correlación entre los análisis realizados y la sensación de bienestar con respecto a parámetros higrotérmicos, aunque esta es mayor cuando se refiere a la cuestión sobre confort. No existe ninguna correlación entre las encuestas, que presentan un 85 % de bienestar y un 50% de confort, y los índices de confort y el análisis de diseño. Este último presenta una situación de casi total disconfort que no se refleja en los otros análisis. Por lo tanto este análisis con respecto al diseño queda invalidado para verano.

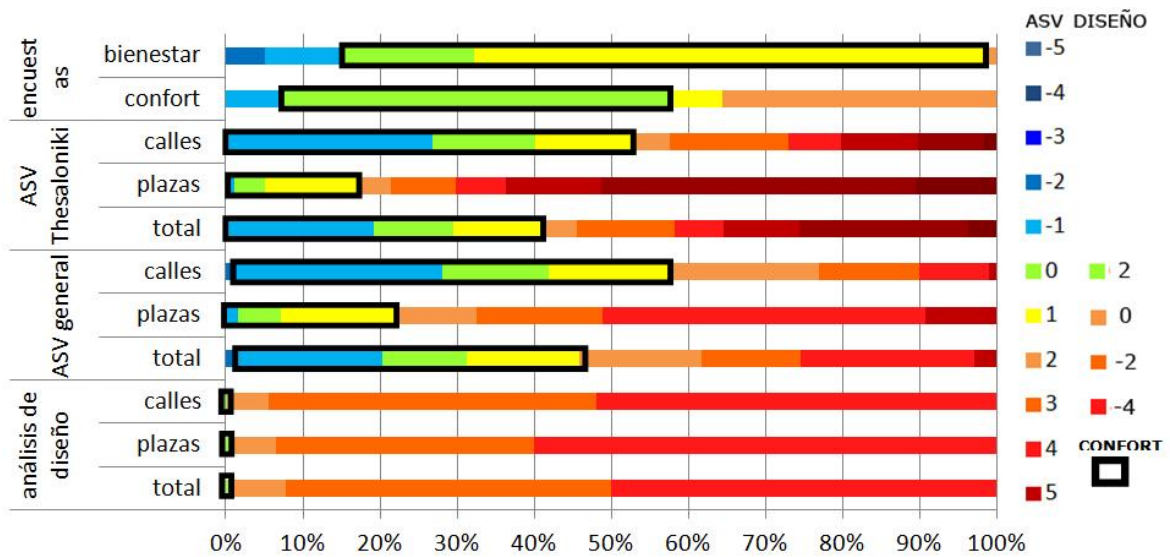


Figura 17. Comparación de los resultados de los diferentes análisis con la encuestas. Periodo de verano. (Fuente: elaboración propia).

Si comparamos los análisis de ASV con la pregunta de confort se observa muy poca similitud entre los valores para plazas, en torno al 20% de confort y los valores de las encuestas, en torno al 50%. La posible explicación de esta falta de correlación podría ser la situación de las personas únicamente en los lugares en los que es posible alcanzar el confort, especialmente a la sombra, que con respecto al diseño se observa que son muy pocos.

En lo que se refiere a la comparación de los análisis realizados y los índices de confort ASV para calles, plazas y el conjunto del espacio público, en el caso del análisis de diseño apenas existen diferencias al desglosarlo, mientras que en los índices ASV demuestran para verano un confort mucho mayor en las calles que en las plazas. Una vez más, esto puede deberse a la importancia que tiene el soleamiento en este índice, de modo que las plazas tendrían menor confort al estar expuestas al soleamiento. Tanto en calles como en plazas, el confort es algo mayor según el ASV general.

Así pues existe una gran correlación entre los diferentes análisis y encuestas realizados en invierno pero no ocurre esto en verano.

7. Conclusiones generales

Confirmación de la hipótesis

Los diferentes análisis de confort de invierno y verano confirman en diferente medida la hipótesis de la existencia de condiciones adecuadas de confort en el barrio de Embajadores.

En lo que se refiere a invierno, todos los análisis coinciden en la existencia de confort en el espacio público, con diferencias de amplitud del rango. La mayor correspondencia con las encuestas realizadas se halla en el ASV de Tesalónica y el análisis del espacio público.

En cuanto al verano, las encuestas revelan la existencia de un amplio porcentaje de personas en bienestar, un 90% lo definen como neutro, agradable o muy agradable. Aún así, al reflejar valores de confort menos extremos, el ASV general es el que tiene valores más próximos a la percepción de las personas. El porcentaje de personas en confort se reduce bastante para los análisis de ASV, siendo importante destacar que el confort es mucho menor en las calles que en las

plazas. Por último, los criterios de análisis con respecto al diseño del espacio público distan mucho de coincidir con las encuestas, estando casi la totalidad del espacio en situación de discomfort. Es importante señalar que las personas encuestadas buscan el mayor confort y no se sitúan en los lugares desfavorables sino en los favorables, reflejando la importancia de la adaptabilidad.

Otras conclusiones

Ninguno de los análisis realizados es concluyente en sí mismo para la definición del confort en el espacio público. Es la combinación de los resultados lo que permite definir la situación de confort en el espacio público.

La discrepancia entre los resultados teóricos y los resultados de las encuestas reflejan la falta de adecuación de los índices a la medición del confort en el espacio público, que deberán reflejar aún más el concepto de adaptabilidad.

Los análisis realizados demuestran una amplia tolerancia de las personas usuarias a situaciones climáticas que les permite lograr el confort aunque la situación no se corresponda con la definida como óptima. La consideración de la ausencia de sensaciones térmicas (de frío, calor, viento, etc.) no conlleva confort. Refleja la importancia del concepto de adaptabilidad y de la existencia de espacios de diferentes características en el espacio público. Destaca también la diferencia de adecuación de los índices a la realidad durante el invierno y el verano. Se pone en evidencia la falta de consideración de estaciones en los índices climáticos.

La investigación del estado de la cuestión ha revelado la inexistencia de índices que relacionen los parámetros de diseño con el confort. Seguimos utilizando la metodología de Olgyay de los años sesenta mientras que los índices que relacionan parámetros de confort con datos climáticos en el espacio público si han tenido una importante evolución. cabe destacar la importancia de determinar un peso relativo para los diferentes factores (tal y como ocurre en los índices ASV) para llegar a resultados más importantes. Las encuestas colaboran a filtrar los datos.

El análisis de datos desagregados refleja la necesidad de analizar el espacio público en su conjunto, calles y plazas, desde la perspectiva del confort.

Las dificultades para lograr datos locales de clima en los espacios analizados, debiendo utilizar los datos de Retiro, podrían modificar las conclusiones.

8. Líneas de investigación abiertas

La principal línea de investigación abierta con este trabajo es la investigación sobre la relación entre la percepción del usuario y los parámetros de diseño para la creación de herramientas o índices de confort mejorar el confort en la ciudad.

Otra sería el análisis y la caracterización del espacio público en su conjunto, ya que se ha demostrado que no sólo los espacios definidos como estanciales tienen condiciones de confort. La metodología de análisis desarrollada puede ser aplicada a tanto a comparación del bienestar en el espacio público en diversos tejidos urbano como a investigación del bienestar en el espacio público en tejidos históricos enfocada a la rehabilitación.

Bibliografía

AROTEGUI, J.M., (1995): "Índice de temperatura neutra exterior". *ENCAC 3*, Gramado.

ASHRAE. (2000) *ASHRAE handbook: heating, ventilating, and air-conditioning systems and equipment*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. "Un alcorque, un árbol". Aplicación online: <http://unalcorqueunarbol.cloudapp.net/indexplain.html>.

CHEN, L & NG, E.(2012) "Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review in research in the past decade". *Cities* 29, pág. 118-125.

CRES (2004) *Designing open spaces in the urban environment: A bioclimatic approach*. Proyecto RUROS (Rediscovering the Urban Realm and the Open Spaces, Coordinado por CRES (Centre of Renewable Energy Resources).

DILI, A.S. et al. (2010) "Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment: A qualitative and quantitative analyses". *Energy and Buildings* 42 (2010) 917–927.

FANGER, O. (1970). *Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill.

GONÇALVES, A. et al (2009) "Green space influence on thermal comfort contrasting approaches in the assessment of conditions in Bragança (Portugal)" PLEA Conference 2009. Université Laval.

HERNÁNDEZ AJA, A. (coord.) (2013). *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Redacción: FARIÑA, J., FERNÁNDEZ, V., GÁLVEZ, M.A., HERNÁNDEZ, A. y URRUTIA, N. Bragança [Portugal]: Instituto Politécnico de Bragança.

HIGUERAS GARCÍA, E. (2006) *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: GG.

HUMPREYS, M. (1978) "Outdoor temperatures and comfort indoors". *Building Research and Practice* Vol 6

KARMINIA, S. et al. (2011) "Outdoor thermal confort of two public squares in moderate and dry climate". Ponencia presentada en el 2011 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), Langkawi, Malaya.

KHOUKHI; F. (2012) "Thermal comfort design of traditional houses in hot dry region of Algeria". *International Journal of Energy and Environmental Engineering*.

LENZHOLZER, S. (2011). "Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares". *Resources, conservation and recycling*.

LUXÁN GARCIA DE DIEGO, Margarita de et al. (2011) "Diseño Bioclimático en Canarias" en AA.VV.: *Sostenibilidad energética de la edificación en Canarias*. Manual de diseño. Instituto tecnológico de Canarias. p. 225-419.

NEILA GONZÁLEZ, F. J. (2004) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería.

NEMATCHOUA, M.K. et al. (2014) "Thermal comfort and energy consumption in modern versus traditional buildings in Cameroon: A questionnaire-based statistical study". *Applied Energy* 114 (2014) 687–69

NGUYEN et al. (2011) "An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. A.-T." *Building and Environment* 46 (2011) 2088e2106

NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N. & STEEMERS, K. (2001) "Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter". *Solar Energy* Vol. 70, No. 3, pp. 227–235, 2001

NIKOLOPOULOU, M. et al. (2004) *Designing open spaces in the urban environment: A bioclimatic approach*. CRES.

OCHOA DE LA TORRE, J., MARINCIC LOVRIHA, I. & URCELAY SÁNCHEZ, M. (2009) "Índices de confort térmicos en la planeación de sitios turísticos". *Topofilia. Revista de Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales*. Hermosillo: Centro de Estudios de América del Norte, El Colegio de Sonora, 1 de abril de 2009, vol. I, núm. 3.

OLGYAY, V. (1963). *Design with climate*. New Jersey: Princeton University Press, Princeton, Reed.

SINGH M.K. et al. (2010) "Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India." *Building and Environment* 45 (2010) 320–329

URRUTIA DEL CAMPO, N. (2010). "Clima, diseño y diversidad urbana en el uso de tres plazas de Madrid". Ponencia presentada al congreso CONAMA10 en 2010.