

ELABORACIÓN DE UN MODELO DE DIAGRAMA DE CONFORT QUE PERMITA LA MEJORA AMBIENTAL DE ESPACIOS URBANOS MEDIANTE ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO

Juan Navarro Monreal

Rufino Hernández Neguillón

Olatz Irulegi Garmendia

Ainara Sertutxa Moriano

Diego Ortega Gozalo

Nassim Tavakoli

Departamento de Arquitectura de San Sebastián - Grupo CAVIAR

Resumen

Los factores que afectan al confort de las personas en los espacios exteriores, junto con la diversidad climatológica existente constituyen uno de los ámbitos de estudio más desarrollado por la comunidad científica en los últimos años. Estos factores afectan a la calidad de los espacios abiertos entre edificación urbana y hacen que ciertas actividades sean solo aptas en determinadas épocas del año.

Los factores básicos: radiación solar, viento, humedad relativa y temperatura se han utilizado desde los primeros estudios para elaborar diagramas de confort para ambientes exteriores, como el desarrollado por Olgay (1968). Las herramientas desarrolladas desde entonces han incorporado factores de corrección para utilizarlos en casos específicos donde los resultados mostraban la inexactitud del modelo básico; pero sin atender al grado de complejidad, que las investigaciones van poniendo de manifiesto, en la caracterización del confort de los espacios urbanos.

Actualmente, con los nuevos conocimientos y tecnologías, estos diagramas se deben perfeccionar para considerar el amplio conjunto de los factores que afectan al confort durante la realización de actividades en el exterior. Este estudio ambiental está vinculado con el diseño urbano, el uso de espacios transicionales, de vegetación, de masas de agua y de protectores eólicos y solares como de elementos tecnológicos.

Los programas informáticos, las investigaciones relacionadas con el confort térmico, así como la variedad de indicadores ambientales desarrollados para analizar el comportamiento térmico-ambiental en exteriores exigen plantearse una aplicación que no solo sea capaz de estudiar la repercusión de diseños bioclimáticos, sino que proponga de una manera sistemática una solución adecuada para cada situación ambiental.

A partir del análisis del diagrama de Olgay y herramientas afines se propone una metodología que permita analizar las condiciones ambientales de los espacios al aire libre y proponer mecanismos de diseño para conseguir entornos más confortables en cualquier ubicación climática.

Las dificultades para conseguir una expresión gráfica que considere todo el conjunto de factores ambientales nos plantea el desarrollo de un modelo teórico basado en un indicador de sensación humana más complejo. Este indicador (Physiological Equivalent Temperature) debe permitir la integración de técnicas innovadoras, la adaptación a cualquier situación climática y ser capaz de representar las mejoras ambientales posibles. El modelo desarrollado debe constituirse en un elemento clave para la regeneración urbana, ya que debe permitir caracterizar cada entorno urbano y ofrecer soluciones técnicas para aumentar el confort humano en entornos exteriores.

Palabras clave: Confort urbano; diagrama bioclimático; estrategias ambientales.

Área temática: actuaciones sostenibles del espacio urbano.

Abstract

The factors that cause human discomfort in outdoor spaces, in addition to the existing climatic variety, are one of the main areas of study by the scientific community in recent years. These factors affect the quality of the open spaces between buildings and, as a result, certain activities are eligible only in certain seasons.

The basic factors (solar radiation, wind speed, relative humidity and temperature) have been used since the first studies to draw diagrams of comfort in outdoor spaces, as developed by Olgay (1968). The tools developed since then have incorporated correction factors in order to use them in specific cases where the results showed the inaccuracy of the basic model, but without regard to the degree of complexity in characterizing comfort in urban spaces that investigations are revealing.

Nowadays, through new knowledge and technologies, these diagrams must be improved to integrate the wide range of factors that affect comfort during outdoor activities. This environmental study is related to urban design, the use of transitional spaces, vegetation, water bodies, windbreak and sun protection elements as well as technological devices.

Computer programs, research related to thermal comfort and the variety of environmental indicators (developed with the aim to analyze the thermal-environmental behavior in outdoor spaces) demonstrates the need for an application not only able to study the impact of bioclimatic design, but that intends as well to propose a suitable solution for each environmental situation in a systematic way.

From the analysis of the diagram of Olgay and related tools, a methodology is proposed, in order to analyze environmental conditions in outdoor spaces and to develop design strategies to achieve a more comfortable environment in any climatic location.

Due to the difficulties in obtaining a graphic expression that considers the full range of environmental factors, it is essential to develop a theoretical model based on a more complex human sensation indicator. This indicator (Physiological Equivalent Temperature) should enable the integration of innovative techniques, adapted to all

climatic conditions and be able to represent possible environmental improvements. The developed model should turn into a key element in urban regeneration since it should allow characterization of each urban environment and provide technical solutions to improve human comfort in outdoor environments.

Key words: *Urban comfort; bioclimatic diagram; environmental strategies.*

1. Introducción

La planificación y el diseño de los espacios exteriores suele ser resultado de la aplicación de normativas y de circunstancias técnicas como la topografía, la edificación existente o la propia configuración de los espacios urbanos. Sin embargo muchos de estos espacios han olvidado o no responden a la finalidad última, que es estar al servicio de los ciudadanos para su uso y disfrute.

Se han realizado diferentes investigaciones con objeto de aplicar estrategias ambientales en entornos urbanos con climatologías diversas con la intención de definir los componentes que caracterizan el confort térmico y construirlos o configurarlos bajo unos criterios más específicos. Trabajos relevantes fueron los de Olgyay (1968); Givoni (1969); Swaid (1993); Emmanuel (1993); Golany (1996); Aynsley y Gulson (1999).

Como consecuencia se identificaron: la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la dirección y velocidad del viento como variables determinantes de los parámetros climatológicos (Olgyay 1957), aunque también estudiaron las afecciones de la orientación, el efecto del sombreado, las propiedades de los materiales, la morfología y compacidad de las edificaciones en el comportamiento térmico de las personas (Neila, 2004).

Entre los factores fisiológicos que afectaban al confort térmico de las personas se han destacado: la actividad física, el arropamiento, la edad, el sexo y la previsibilidad subjetiva. Algunos de los cuales son difíciles de valorar de manera objetiva, por lo cual se regula su influencia mediante procedimientos estadísticos basados en cuestionarios personalizados. En otros casos, como el arropamiento y la actividad física de una persona, la influencia del factor es cuantificable.

Hoy, se disponen de numerosas herramientas informáticas que nos ayudan en el planeamiento y el diseño arquitectónico o urbano para exteriores en relación con el confort. Sin embargo, en realidad se tratan de guías con resultados prefijados, y la mayor parte de las aplicaciones no propone soluciones o mecanismos de mejora ambiental.

2. Reseña científica

El confort térmico puede definirse como la sensación neutra que un individuo experimenta en un determinado ambiente térmico (ASHRAE, 1971). Esta definición vincula tanto aspectos físicos como subjetivos de la percepción individual de la persona y enfatiza el carácter complejo del concepto de confort influido por gran número de variables. (Figura 1).

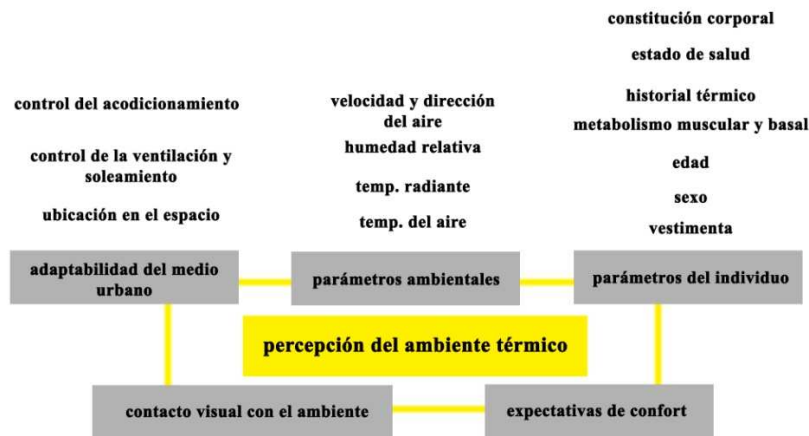


Figura 1. Elaboración propia de "el ambiente térmico". (Chávez, 2001)

El esquema analiza varias componentes cuantificables y valorables en una escala de sensación térmica, sin embargo hay ciertos elementos como el contacto visual y expectativas del confort que siendo objetivo de fines científicos, su cuantificación sigue siendo discutible debido a que se basan en bases estadísticas o resultado de encuestas personalizadas.

Con la finalidad de definir zonas de confort térmico se diseñaron inicialmente diagramas bioclimáticos que podían ser adaptados a diversas climatologías y consideraban dos parámetros fundamentales, la temperatura del aire y la humedad relativa (Olgay, 1957). Entre ellos los más usados han sido el de Givoni (para ambientes interiores) y el de Olgay (para ambientes exteriores).

Desde un principio, la investigación ha tratado de establecer límites y márgenes de confort térmico humano (tabla 1), a partir de indicadores de confort. Se ha venido observando a través de otros estudios su limitación en determinadas climatologías.

Tabla 1: límites de confort según autor, según clima y arquitectura (Neila 2004)

Autores	Límites de temperatura	Límites de humedad	Observación
Baruch Givoni (1956)	21 - 26 °C	5 – 17 mm hg	Bienestar optimo límite máximo permisible
Víctor Olgay (1968)	23,9 – 29,5 °C	20 – 70 %	Trópico
ASHRAE (1977)	22,2 – 26,6 °C	4 mm hg	Bienestar optimo
Yaglou – Drinker (1928)	21,6 – 25 °C	14 mm hg	USA Verano (IE)
O. H. Koenigsbenger y otro (1971)	22 – 27 °C	30 – 70 %	Trópicos (IE)

Los indicadores ambientales son parámetros calculados mediante técnicas estadísticas para resumir información relativa al estado y la evolución del medio ambiente. La complejidad de estos indicadores de confort se debe a la variabilidad de los parámetros que relaciona y su interacción con el medio ambiental y el comportamiento humano.

Definir un indicador ambiental idóneo ha sido uno de los objetivos perseguidos durante los últimos años (Spagnolo & Dear, 2003), (Givoni, Noguchi, Saaroni, Pochter, Yaacov, Feller & Becker, 2003), (Ahmed, 2003). En la tabla 2 podemos observar la evolución de la composición paramétrica de los indicadores de confort, así como la falta de acuerdo sobre la misma. Este hecho muestra la dificultad para definir universales indicadores válidos, la inexistencia de un consenso que permita homogeneizar resultados y la necesidad de introducir modificaciones metodológicas sustanciales que permitan avanzar en la definición de indicadores validables.

Tabla 2. Elaboración propia de "Outdoor thermal comfort: comparison of results of empirical field research and predictive models simulation"

Año	Referencia	Modelo	Indices Individuo				Indices Micro-climaticos				Indices climaticos				Otros Indices	
			M	W	I _d	R _e	T _{aire}	P _{aire}	V _{aire}	T _{radmedia}	T _{bulbo seco}	UR	V _{aire 10}	Rad	T _{globo}	T _{bulbo humedo}
1923	Houghten	ET					X	X								
1932	Vernom	CET					X	X								X
1997	ASHRAE	OT					X		X	X						
1992	ASHRAE	EOT					X	X	X	X						
1945	Siple&Passel	WCTI									X		X			
1955	Belding Hatch	HSI					X	X	X	X						
1957	Yaglou	WBGT					X							X	X	
1967	Gagge	SET	X	X	X	X	X	X	X	X						
1969	Givoni	ITS					X	X	X	X						
1979	Masteron	HU					X	X								
1979	Jendritzky	PMV	X	X	X	X	X	X	X	X						
		PPD	X	X	X	X	X	X	X	X						
1989	ISO 7933	S	X	X	X	X	X	X	X	X						
		S _{wgh}	X	X	X	X	X	X	X	X						
1992	Dominguez	S _{wreq}	X	X	X	X	X	X	X	X				X		
1995	Brown & Gillespie	S'	X	X	X	X	X	X	X	X						
1995	Aroztegui	T _{ne}									X		X	X		
2002	Blazejczyk	HL	X	X	X	X	X	X	X	X						
		PhS	X	X	X	X	X	X	X	X						
		R'			X								X			
		STI	X	X	X	X	X	X	X	X						
		SP	X	X	X	X	X	X	X	X						
		ECI					X									
1997	De Freitas	PSI	X	X	X	X	X	X	X	X						
		STE	X	X	X	X	X	X	X	X						
1999	Höppe	PET	X	X	X	X	X	X	X	X						
2000	Noguchi & Givoni	TS					X	X	X	X				X		
2002	Bluestein & Osczevski	NWCT									X		X			
2004	Nikolopoulou	ASV									X	X	X	X		

Como se observa, la variedad de indicadores es numerosa dado que ajustar la representación de la sensación térmica de manera objetiva es algo tremendamente complejo. La determinación del grado de confort óptimo en cada zona climática produce discusiones sobre temas de adaptación psicológica por su estrecha relación con la cultura y el entorno social característico de dichas áreas.

El proyecto RUROS, fue de los más importante en desarrollo de indicadores como aplicaciones de comportamiento térmico en entornos urbanos, destacando el indicador

ASV, donde ponía en relación las mediciones de las torres meteorológicas con la sensación del cuerpo humano (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006).

Diferentes proyectos internacionales, como Envi-met, Rayman, y Solveig (Matzarakis & Rutz, 1999), (Lindberg, Holmer, & Thorsson, 2008), (Bruse, 1999) han desarrollado aplicaciones informáticas que simulan el comportamiento térmico de entornos exteriores complejos. Su base matemática son logaritmos de cálculo multi-paramétrico a través de datos climatológicos representando diversos niveles de confort en base a un indicador ambiental común, que en todos los casos el indicador es PET ya desarrollado por Höppe en 1999.

3. Innovación metodológica

El diagrama de Olgyay es utilizado de forma generalizada para la definición del confort térmico y sus aplicaciones han sido numerosas desde su creación, pero del análisis de funcionamiento y grado de adaptación climática, se desprenden inconvenientes significativos. Fue diseñado para un clima específico de Norteamérica, en el cual se definió una zona de confort en unas condiciones concretas, para una persona con actividad ligera (paseando), vestida con ropa ligera (1 cloth), sin viento y a la sombra. Se proponen coeficientes correctores para la adaptación de la metodología a diferentes áreas climáticas como para las variaciones de las condiciones iniciales (Gili 2006).

Sin embargo, la utilización de este diagrama en otras áreas climáticas no puede ser considerada con la misma precisión, ya que se vincula al cálculo de la temperatura efectiva y su corrección en el propio diagrama tiene ciertas limitaciones. Hay que entender que su grado de corrección en otras condiciones climáticas sería muy complejo de aplicar porque no se tiene la misma percepción de sensación térmica, por ejemplo para un clima cálido como para un clima húmedo.

Fuera de la zona de confort se establecen una serie de estrategias de regulación vinculadas al malestar por exceso de calor y al malestar por déficit de calor. Estas estrategias se combinan o actúan de manera independiente para alcanzar una zona de comodidad térmica, que integra parámetros fisiológicos y climáticos. Algunas pautas constituyen singularidades del diagrama que deben ser estudiadas de nuevo.

Se considera necesario utilizar un indicador de mayor amplitud paramétrica que la temperatura efectiva (ET), que permita mayor aproximación a la sensación humana. A la humedad relativa y la temperatura del aire como los primeros factores tenidos en consideración, se le han ido añadiendo otros en la medida que la investigación ha ido disponiendo de herramientas más completas para el cálculo del comportamiento térmico ajustándose cada vez más a la realidad.

Teniendo en cuenta la variedad de programas informáticos desarrollados, el PET es un indicador que se perfila como el más apropiado por sus cualidades de cálculo (Cohen, Potchter, & Matzarakis, 2013), (Matzarakis, & Amelung, 2008). La ecuación de balance térmico hace que sea más idónea para uso en exteriores ya que desde la definición inicial de la actividad metabólica y el nivel de arropamiento nos muestra el grado de conformidad de los individuos participantes en una escala de valores establecida.

Con respecto a los mecanismos de control ambiental, inicialmente eran usados de manera individual o en ciertos casos combinados para poder alcanzar la zona de confort. Su aplicación en el diagrama de Olgay era en algunos casos rigurosa, no dando opción de poder escoger otros elementos en función de la disponibilidad de los recursos ambientales o tecnológicos en cada caso. Por el contrario, si se añade el efecto de otros factores climáticos aumentan el grado de disconformidad en el ambiente y estas variaciones no se veían reflejadas en el diagrama original.

Un ejemplo es la aparición del viento en épocas invernales que aumenta el grado de insatisfacción térmica del individuo, sin embargo, el aumento de la radiación solar directa en temporada estival genera un aporte energético sustancial provocando drásticamente un desequilibrio térmico. También podrían combinarse varios componentes generando un equilibrio entre ellos y necesitando de otra estrategia de regulación para poder contrarrestar las desequilibrantes.

En la actualidad, los mecanismos ambientales en espacios abiertos es más amplia de los mostrados en el diagrama original. Su comportamiento térmico como su grado de influencia ha sido muy trabajado en el entorno de la sostenibilidad ambiental para conseguir espacios urbanos más confortables [16,18]. (Cohen, Potchter, & Matzarakis, 2013), (Tzu-Ping, Kang-Ting, Chi-Chang, Ying-Che, 2010).

Desde hace años, se han dado numerosos estudios sobre cómo alcanzar las zonas de confort entre ciudades de clima similar como también casos de regulación térmica en lugares específicos o incluso el uso de varios indicadores de comportamiento térmico para comprobar su grado de acercamiento al comportamiento humano (Guo-yu, Hong-yong, Qing-tao, Wan, Xiao-jian, Xiang-ze, 2013), (Robitu, Musy, Inard, & Groleau, 2006), (Vanos, Warland, Gillespie, & Kenny, 2006).

El diagrama de Olgay está limitado en su adaptación a zonas con diferentes condiciones climáticas, debido a la poca flexibilidad de la interacción adaptativa de las personas con el entorno climático.

Para definir un nuevo modelo teórico que aproxime el diagrama original de Olgay a las necesidades y posibilidades actuales, se propone un nuevo escenario que se resume a continuación:

- Utilización del indicador PET. definido mediante el cálculo del balance de calor para el cuerpo humano (MEMI) (Höppe, 1993). Es un modelo termo-fisiológico muy utilizado por la comunidad científica mundial para realizar evaluaciones en ciudades o espacios urbanos específicos. Se deben tener en cuenta todas las variables climáticas del espacio urbano y definirse las condiciones específicas del individuo para poder evaluar con precisión el grado de comodidad de las personas.
- Implementación de nuevas estrategias tecnológicas y de diseño para regular las situaciones fuera de los límites del confort térmico. Estas medidas de corrección pueden considerar diferentes recursos: uso de vegetación, uso de masas de agua, uso de evaporadores de agua, elementos de protección solar y eólica, uso de diversos materiales o pavimentaciones de forma que la afección se reflejará

en cada variable climática del entorno (Armson, Stringer, Ennos, 2012), (Makaremi, Salleh, Jaafar, & Ghaffarianhoseini, 2012), (Lin, Matzarakis, & Hwang, 2013), (Hwang, Lin, & Matzarakis, 2011). Hay que tener en cuenta que la suma de todos estos recursos están dirigidos a obtener situaciones térmicamente estables o reducir los efectos negativos cuando las situaciones superan los límites de comodidad.

- Representación del nuevo escenario de posibilidades ambientales. El diagrama debe responder a un estudio multi-factorial para el ambiente específico estudiado, el ajuste de una zona de equilibrio o de confort ambiental y la interposición de las diversas estrategias para ajustar las situaciones que superen los límites de confort de manera puntual o permanente.

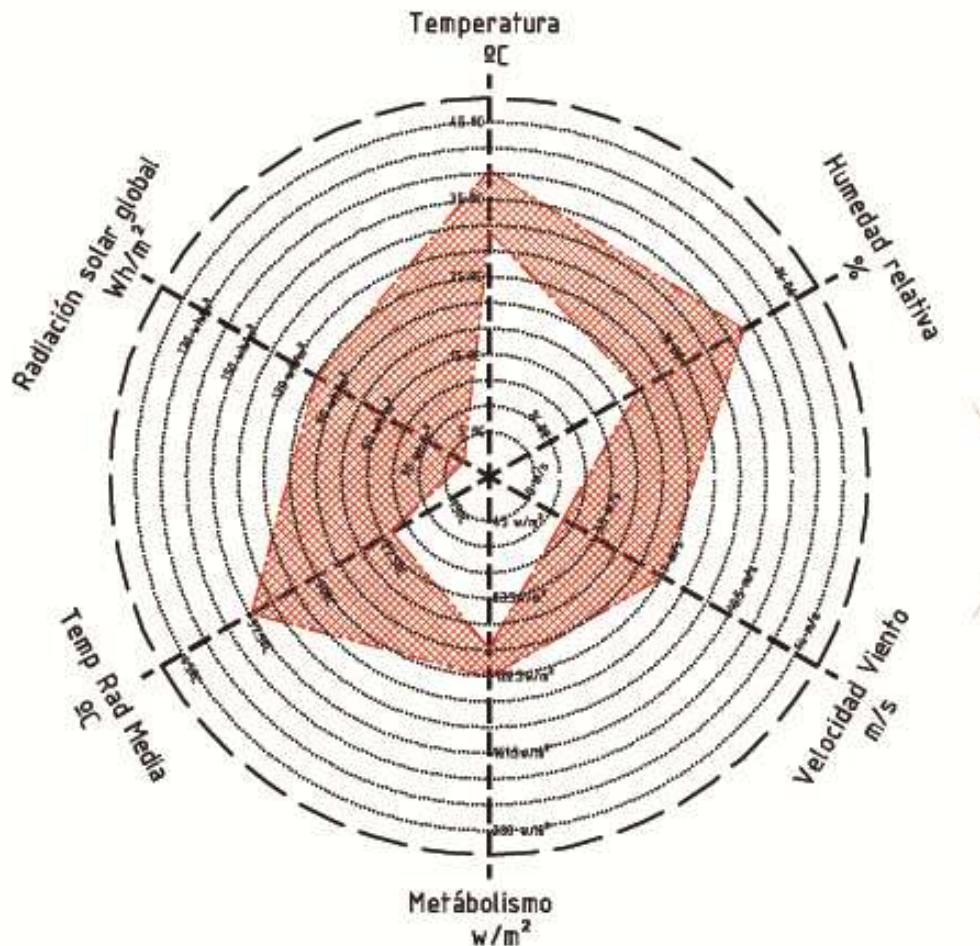
El modelo gráfico debe responder de manera eficaz a cada situación ambiental y representar fácilmente cada fase de análisis como las posibles intervenciones para encontrar entornos confortables. La cantidad de parámetros que deben ser tenidos en consideración y su grado de complejidad obligan a un modelo gráfico nuevo ya que el modelo original de Olgyay es insuficiente. El modelo representativo original era adecuado, ya que solo se tomaban dos parámetros para calificar el estado de bienestar. La aplicación de un indicador multi-paramétrico requiere un tipo de representación capaz de expresar la afeción de las múltiples estrategias de regulación. Por ello se propone un nuevo diagrama más intuitivo y fácil de interpretar en el ámbito social.

Como primera aproximación formal, se propone un diagrama de tela de araña en el que se expresan en tres capas los valores correspondientes de los parámetros que definen el indicador adoptado (PET). En la fase 1 se evalúa la situación climática, en la fase 2 se expresa un rango de confort adaptado a la ubicación climática y en la fase 3 se plantean estrategias de regulación adecuadas para alcanzar la zona de confort.

Este diagrama representaría en forma de tela de araña, los siguientes valores determinantes para el cálculo del indicador PET: la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación solar global, la temperatura radiante media y el metabolismo del individuo.

En la primera fase (figura 2), se representan los datos tomados de mediciones climatológicas del lugar estudiado. Es un caso muy similar a la aplicación Climate Consultant, los datos de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar global durante un periodo determinado pueden ser tomadas de un archivo weather data. Sin embargo, los datos de temperatura radiante media como la del individuo deben ser calculados por otra aplicación e introducidos por el usuario respectivamente. Se introducen los valores máximos y mínimos medidos para cada valor mostrando la siguiente gráfica.

Datos climatológicos



Datos climatológicos de Energy Plus - archivos Weather Data

Definición de datos metabólicos en función del uso

Definición de temp radiante media por parámetros de superficies


 zona análisis actual

Figura 2. Diagrama propuesto y la situación ambiental actual

En una segunda fase (figura 3), se calcula la zona de confort límite según el indicador PET y testadas mediante encuestas para poder aproximarse lo más posible a la sensación humana. Hay áreas en que la zona ambiental actual se encuentra fuera de la zona de confort. Estas zonas se deben ajustar con las estrategias de regulación para conseguir cubrir la zona ideal de confort.

Zona de confort climática - PET

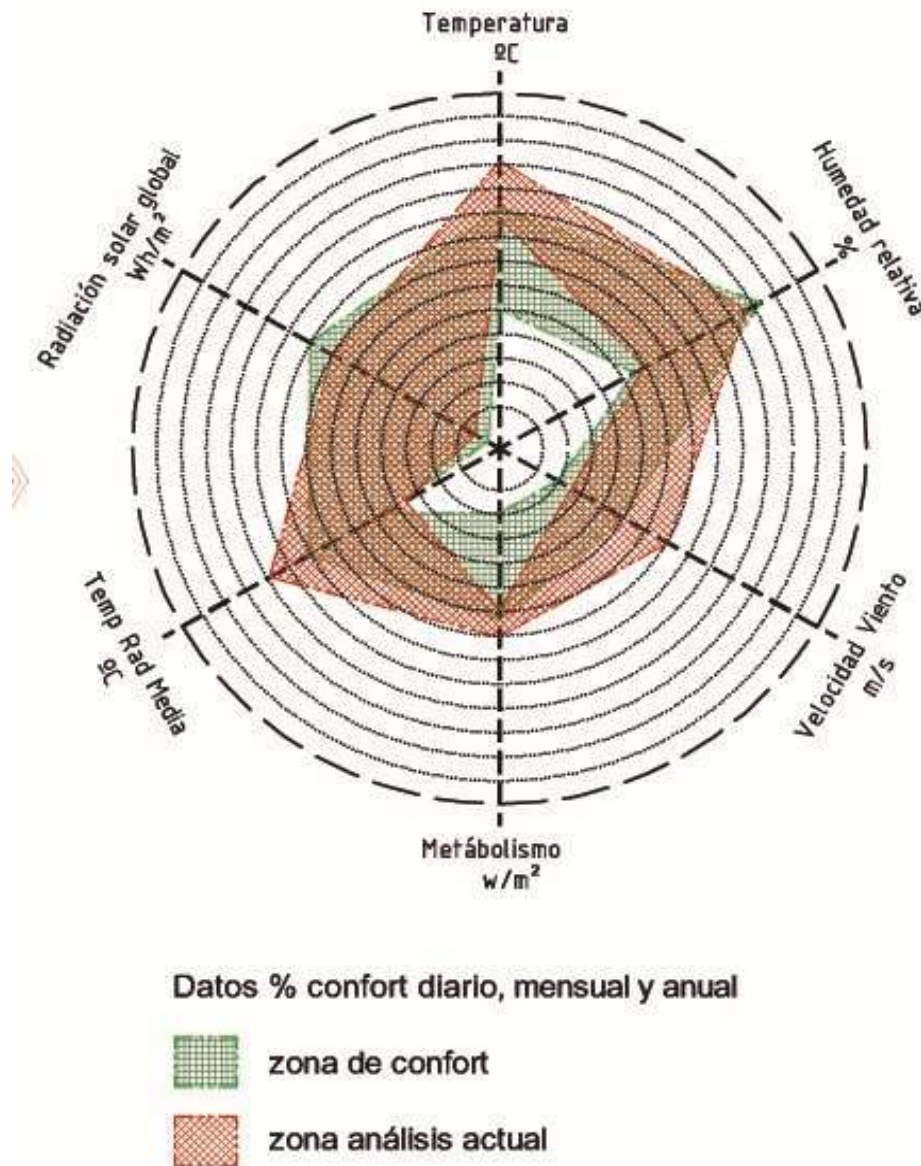


Figura 3. Diagrama propuesto con la zona de confort adaptada del PET

En una tercera fase (figura 4), cada estrategia ambiental se añadiría a la grafica ambiental inicial mostrando las variaciones y tratándolo de ajustar a la zona de confort. Las estrategias de actuación conocidas y aplicadas en este diagrama se diferencian entre estrategias pasivas; vegetación (alta densidad, media densidad, baja densidad), masas de agua, protecciones eólicas, protecciones solares (pérgolas), vestimenta; y estrategias activas; calefactores radiantes, ventiladores mecánicos, nebulizadores de agua.

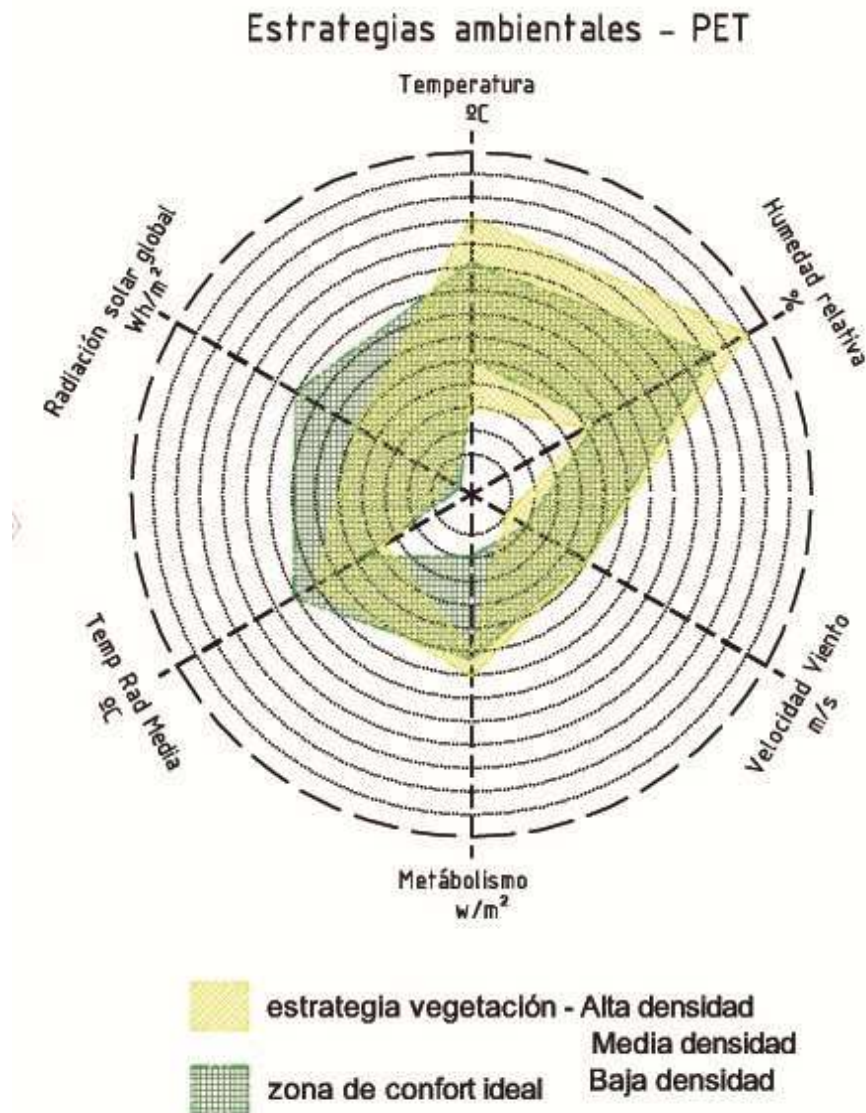


Figura 4. Diagrama propuesto con las estrategias de mejora ambiental

En una fase posterior se podría enlazar con una aplicación GIS para tomar los datos climáticos y generar planos de intervención urbana a nivel generalizado. La herramienta podría evaluar las posibles intervenciones urbanas y diagnosticar las debilidades de los entornos urbanos actuales.

4. Conclusiones

La utilización del diagrama de Olgyay para ambientes exteriores se ha mostrado limitado tanto por el rango climático sobre el que ha sido desarrollado como por no incluir diferentes aspectos tanto físicos como subjetivos que son fundamentales para caracterizar el grado de confort de un individuo bajo unas determinadas condiciones ambientales.

Tabla 3. Síntesis de aspectos más relevantes

Factores que afectan al confort urbano	Investigadores en temas de confort	Estrategias de diseño y uso de tecnología en entornos urbanos
Adaptabilidad del medio urbano	Yaglou - Drinker (1928)	Estrategias pasivas (diseño urbano)
Parámetros ambientales	Givoni (1956)	Vegetación
Parámetros del individuo	Brooks (1959)	Masas de agua
Contacto visual con el ambiente	Olgyay (1968)	Evaporadores de agua
Expectativas del confort	Koenigsbenger (1971)	Elemento de protección solar
	ASHRAE (1977)	Elementos de protección eólica
		Uso de diversos pavimentos
		Estrategias activas (uso de tecnología)
		Ventiladores o aireadores mecánicos
		Calefactores radiantes
		Nebulizadores de agua

Por otro lado, la metodología desarrollada para la evaluación ambiental del confort en esta comunicación, para obtener los siguientes resultados ha sido la siguiente:

- Hito1: Análisis de las debilidades y oportunidades del diagrama de Olgyay.
- Hito 2: Resultados e investigaciones obtenidas a través del proyecto RUROS.
- Hito 3: Herramientas informáticas desarrolladas para el análisis térmico de espacios abiertos en otros proyectos de investigación.
- Hito 4: Análisis de los indicadores ambientales desarrollados para la percepción de la sensación humana del confort térmico.
- Hito 5: Estrategias de regulación ambientales realizadas en publicaciones científicas.

Se plantea un nuevo diagrama climatológico a partir de la temperatura fisiológica equivalente como indicador de confort. Su posible integración en una aplicación informática facilitará el conocimiento y las estrategias de mejora del confort de espacios exterior.

Los aparatos tecnológicos actuales facilitan una mayor interacción social. La participación del individuo es cada vez más demandada y va a suponer mayores posibilidades de conocimiento y transferencia de información. Por ello, la utilización de un diagrama de fácil lectura e interpretación impulsaría el acceso a los estudios de diagnóstico ambiental por parte de la población no especializada, sirviendo como un elemento de partida o de verificación de posibles actuaciones sobre entornos urbanos degradados dentro la trama urbana.

Disponer de una base de datos de las capacidades de actuación de cada estrategia ambiental daría posibilidad a una herramienta informática capaz de diagnosticar los entornos urbanos y acercarnos a la finalidad de este trabajo.

5. Bibliografía

Aljawabra, F. & Nikolopoulou, M. (2010). Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. *Intelligent Buildings International*.198-217.

Armson, Stringer, Ennos, (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forestry & Urban Greening* (3):245-55

Cohen, Potchter, & Matzarakis (2013) Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography*. 37:1-10

Dostal, P.; Katschner, A., Bruse, M.; Huttner, S. (2009). Quantifying the human thermal heat-stress in central european cities with BOT world and on site-interviews as analysing tools to estimate the thermal sensation of pedestrians.

Gili, G., (2006). Arquitectura y clima :manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Olgyay V.

Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N. & Becker, S. (2003). Outdoor comfort research issues, *Energy and Buildings*, Vol. 35, No. 1.

Guo-yu Qiu, Hong-yong Li, Qing-tao Zhang, Wan Chen, Xiao-jian Liang, Xiang-ze Li. (2013). Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. *Journal of Integrative Agriculture Journal of Integrative Agriculture*. 2013; Volume 12, Issue 8, pp. 1307-1315; 2013-08;12(8):1307-15.

Hwang, R., Lin, T., and Matzarakis, A., (2011). Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 46(4), 863-870.

Keirstead, J., Jennings, M., & Sivakumar, A. (2012). A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(6):3847-66.

Neila González, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.

Lindberg F., Holmer B., Thorsson S., (2008). Solweig 1.0--Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *IntBiometerol*. (7): 697-713.

Lin, T., Matzarakis, A., and Hwang, R., (2013) Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), 213-221.

Makaremi, N., Salleh, E., Jaafar, M.,Z., and Ghaffarianhoseini, A. (2012). Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. *Building and Environment*. 48:7-14.

Matzarakis, a. & Amelung, B., (2008). Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans.

Nikolopoulou, M., Baker, N., and Steemers, N., (2001) Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy*. 70(3):227-35.

Nikolopoulou, M., and Lykoudis, S., (2006). "Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Analysis Across Different European Countries." *Building and Environment*, 41(11), 1455-1470.

Nikolopoulou, M. and Steemers K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces, *Energy and Buildings*, Vol. 35, No. 1.

Spagnolo, S. and de Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia, *Building and Environment*, Vol. 38.

Robitu, M., Musy, M., Inard, C., & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy*. 80(4):435-47.

Tzu-Ping Lin, Kang-Ting Tsai, Chi-Chang Liao, Ying-Che Huang.(2010). Effects of Thermal Comfort and Adaptation on Park Attendance regarding Different Shading Levels and Activity Types. *Building and Environment*, 59, 599-611

Vanos, J.K., Warland, J.S., Gillespie, T.J. and Kenny, N.A., (2006) Thermal comfort modelling of body temperature and psychological variations of a human exercising in an outdoor environment. *International Journal of Biometeorology*. 51(2):119.

Correspondencia (para más información contacte con)

Nombre y Apellido: Juan Navarro Monreal
Teléfono: + 34 665 660 465
E-mail: jnavarro1987@hotmail.com