



Paper final

ESCENARIOS SOSTENIBLES
Herramientas de evaluación y diseño del microespacio urbano entre
edificaciones (Venezuela)
Código: 411

Nersa GÓMEZ* + Leo MONTIEL* + Ester HIGUERAS**
Instituto de Investigación IFAD. Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela)
Candidatos a Doctor en ETSii. Universidad Politécnica de Madrid (España)
****Dpto. Urbanística y Ordenación del Territorio. ETSAM-UPM. Madrid. (España)**
nersag@yahoo.com / leomontiel12@hotmail.com / ester.higuera@upm.es

ESCENARIOS SOSTENIBLES

Herramientas de evaluación y diseño del microespacio urbano entre edificaciones (Venezuela)

Nersa GÓMEZ + Leo MONTIEL + Ester HIGUERAS

RESUMEN

La reflexión sobre construcción de ciudad y generación de respuestas sostenibles, destaca la necesidad de actuar con nuevos e innovadores procesos que propicien el confort térmico y uso racional de energía en el planeamiento y diseño del ámbito construido, por ello es necesario aproximarse al control y diseño sostenible del espacio urbano, en especial del microespacio -entre edificaciones EE- altamente demandado por residentes urbanos. El objetivo del trabajo es analizar nuevos modelos-herramientas utilizados en la correlación urbano-ambiental a fin de plantear escenarios sostenibles para evaluación y diseño del microespacio urbano. Con este fin se pretende primero, estudiar modelos predictivos de confort exterior. Segundo, analizar aplicando métodos comparativos, la parametrización, variables y formas combinatorias utilizadas. Tercero, plantear una herramienta-modelo combinando variables ambientales y propiedades físicas destacadas. La finalidad es incrementar la habitabilidad y uso racional de energía

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial de la urbanización sigue teniendo fuertes impactos en el medio ambiente urbano y en la calidad de vida de los ciudadanos. La construcción de ciudades plantea la interrogante de cómo el medio ambiente urbano podría ser diseñado para ofrecer mejores condiciones climáticas a los ciudadanos, pues no sólo las condiciones del clima pueden causar ambientes exteriores hostiles, también condiciones locales desagradables pueden ser generadas por un mal diseño urbano que conduce a fenómenos indeseados como ráfagas de viento ocasionadas por efectos de la edificación, alta contaminación del aire o desagradables condiciones térmicas en general. Independientemente de que estas razones aplican, como cuestión de hecho frecuentemente se puede observar que los espacios abiertos de las zonas urbanas no ofrecen condiciones ambientales y energéticas adecuadas para convertirse en lugares atractivos a ser utilizados por los ciudadanos. Por esta razón, mucho se ha discutido acerca de la interrelación entre el ambiente, el consumo de energía, la morfología urbana y los usuarios de los espacios en las ciudades (Owens,1986; Givoni, 1998; Breheny,1996) en que consideran el componente edificación dependiente de la escala "micro" de configuración de vecindarios, de la morfología urbana y tecnología edificada, lo cual en combinación con el microclima define el nivel de confort de los habitantes-usuarios del espacio urbano, para este estudio el "micro" espacio -entre edificaciones EE-

Uno de los aspectos esenciales estudiados por investigadores y planificadores es, sin duda, lo relativo a la condición ambiental y el uso racional de la energía en el ambiente

construido, sin embargo los profesionales interesados en el incremento de calidad de vida urbana y la promoción del uso de espacios abiertos, se han enfrentado a dificultades para evaluar los efectos del diseño urbano sobre el confort de la población y su comportamiento. En este contexto el problema abarca dos retos secuenciales, en primer lugar la estimación del efecto del diseño urbano sobre el microclima local y, en segundo lugar, evaluar las consecuencias del microclima en el comportamiento de los potenciales usuarios de estas estructuras urbanas (Bruse M., 2006). En este sentido, el re-descubrimiento del entorno urbano como un componente importante de la vida cotidiana ha incrementado el interés en determinar métodos para evaluar el confort ambiental de los espacios abiertos, una amplia gama de estudios que van desde los experimentos de campo hasta la aplicación de modelos numéricos desarrollados con el fin de comprender y predecir las interacciones entre el diseño urbano, el microclima local y el confort humano.

Con este propósito la investigación pretende primero, estudiar diferentes modelos y herramientas desarrolladas orientadas a predecir las condiciones de confort en espacios urbanos abiertos. Segundo, analizar a través de métodos comparativos la parametrización de estos modelos, variables involucradas y sus formas combinatorias. Tercero, plantear escenarios que combinen las exigencias ambientales con las propiedades físicas que caracterizan el microespacio urbano, a fines de evaluación y diseño sostenible del mismo. La finalidad es orientar las decisiones en pos de mejorar las condiciones de habitabilidad y el uso racional de energía en estos espacios y que estos de forma sistémica actúen como rehabilitadores del espacio urbano en general.

2. MODELOS-HERRAMIENTAS PARA CONFORT TERMICO EXTERIOR.

Entre las investigaciones existentes sobre confort térmico exterior pueden distinguirse dos tipos, las que comprenden cálculos de confort térmico (basado en las mediciones o simulaciones de los parámetros climáticos) y las que consisten en trabajos de campo que combinan mediciones del clima (combina a menudo con cálculos de los índices) y cuestionarios en la sensación térmica subjetiva (Pearlmutter et al., 1999). En esta perspectiva, diversos estudios han desarrollado modelos y herramientas para abordar diferentes temas sobre medio ambiente físico y desempeño ambiental, y proporcionar una visión sobre los diversos aspectos físico-ambientales y medios de análisis para los distintos niveles de complejidad urbana. Entre las herramientas desarrolladas se destacan algunos modelos centrados en el usuario en relación a la satisfacción térmica del mismo y otros modelos predictivos enfocados hacia las condiciones microclimáticas del espacio. A continuación se presentan algunos de los modelos destacados desarrollados para los estudios de confort térmico exterior en los que se describen los objetivos, características, factores y parámetros considerados.

2.1 MODELOS DE SATISFACCIÓN TÉRMICA CENTRADOS EN EL USUARIO

2.1.1 Modelo: Índice de stress térmico (ITS), Givoni (1969) desarrolla el índice de estrés térmico en el que considera los diversos mecanismos de intercambio de calor del cuerpo humano, los niveles de actividad metabólica y variedad de prendas de vestir. Originalmente este modelo no considera el intercambio por radiación, para considerar el de onda larga el autor sugiere el uso de la temperatura de globo en vez de la temperatura del aire en el calculo convectivo de intercambio, en este caso utiliza la temperatura del

aire en el cálculo de intercambio por convección. Posteriormente propone una ecuación de ganancias por radiación de onda corta (R_c), las ecuaciones para adaptación consideran cada mecanismo de intercambio, en ellas se consideran el intercambio radiante, radiación solar, la posición del individuo y la velocidad del aire. La clasificación de valores abarca situaciones desde estrés por calor hasta estrés por frío.

2.1.2 Modelo Adaptación (satisfacción térmica). En los estudios de comodidad térmica al aire libre se ha utilizado un modelo puramente fisiológico, participación de un modelo matemático del sistema termorregulador, empleado para el cálculo de satisfacción térmica dependiente de las condiciones ambientales, la actividad de las personas y su nivel de prendas de vestir (Nikolopoulou, et. Al, 1999). Se trata de procesos por los que la gente pasa para mejorar la adecuación entre el medio ambiente y sus necesidades a nivel físico y psicológico: la elección personal, la memoria y las expectativas resultan ser los parámetros importantes. Sin embargo, los estudios de campo han revelado que un enfoque puramente fisiológico es insuficiente para caracterizar las condiciones de confort térmico en el exterior, mientras que la cuestión de la adaptación es cada vez más importante.

2.1.3 Modelos térmicos de confort. Estos modelos según Nikolopoulou M. et al., (2001), permiten predecir las condiciones de confort en que se establecen correlaciones entre los parámetros microclimáticos y la sensación térmica. Estos modelos simples han sido desarrollados usando la data meteorológica disponible desde una estación cercana y son importantes para estudios sobre sensación térmica de las personas y pueden ser una plataforma para construcción de mapas y monogramas de confort térmico exterior. Los parámetros personales y efectos de adaptación en el espacio abierto, física y psicológica, son intrínsecos en los modelos desarrollados, entre ellos tenemos:

2.1.3.1 Modelo ASV. Este modelo de sensación térmica de las personas es definido como elección de sensación actual (ASV). El modelo matemático establece correlaciones entre los parámetros microclimáticos y ASV, los estudios realizados indican correlaciones negativas, positivas o débiles, lo cual significa que uno de los parámetros por sí solo no es suficiente para la evaluación de condiciones de confort térmico. Los parámetros utilizados son temperatura del aire, velocidad del viento y los índices de sensación térmica en escala de 5 puntos utilizando valores que van de desde Muy frío a Muy caliente.

2.1.3.2 Modelo PMV. Este modelo fue desarrollado originalmente para el medio ambiente interior y poco utilizado también para el ambiente exterior. El modelo PMV (elección de media térmica real) en ISO 7730 (1994), se compara con los datos subjetivos recopilados de las entrevistas y se calcula teniendo en cuenta la media de los parámetros ambientales registrados durante la entrevista, los niveles de la ropa y la tasa metabólica para cada entrevistado. Estudios realizados en que se comparan los correspondientes PMV y ASV revelan una gran discrepancia, el confort térmico real parece encontrarse en niveles más altos respecto al modelo matemático ASV. Los índices de bioclimatológico como PMV o PET utilizados para predicción de la sensación térmica promedio, en función de parámetros meteorológicos, así como prendas de vestir y la actividad de las personas, pueden ser utilizados. Su desventaja es el cálculo de estos índices en el medio ambiente en la microescala urbana, esta tarea requiere expertos y (en la práctica), es a menudo una cuestión de tiempo y costo. Esto implica que no representan alternativas técnicas o herramientas adecuadas para evaluar

y diseñar los diferentes escenarios de planificación en términos de condiciones de confort térmico y el uso del espacio.

2.1.3.3 Índice de Confort (COMFA). Brown & Gillespie (1995) propone una fórmula de confort para ambientes externos. La formulación se basa en el balance térmico del individuo y presenta algunas peculiaridades en la forma de consideración de sus términos constituyentes. En cuanto al intercambio por radiación, los autores presentan por separado la radiación solar y terrestre absorbida por el cuerpo y la radiación emitida por el organismo. Los autores ofrecen posibilidades distintas: (a) medición de la radiación solar absorbida in situ, (b) cálculo datos de radiación absorbida de las estaciones meteorológicas cercanas para estimar la velocidad del aire, (c) estimación de radiación absorbida por medio de ecuaciones matemáticas, además se consideran los intercambios por convección y evaporación. En definitiva, la fórmula considera el balance energético, el intercambio y pérdida de calor por absorción, por emisión de radiación y por convección y en ella se determina niveles de confort relacionados con valores de saldo energético y de balance térmico. Estos valores están vinculados a preferencias de Máximo calor a Máximo frío.

2.2 MODELOS PREDICTIVOS DE CONFORT TÉRMICO CENTRADOS EN EL ESPACIO

En el proyecto redescubriendo el reino urbano y espacios abiertos (RUROS) (Nikolopoulou M, et. al, 2004), se realizaron investigaciones con el objetivo de proporcionar herramientas para el desarrollo de las etapas iniciales del diseño en espacios exteriores, tomando en consideración las características urbanas y el clima. Este proyecto incluyó objetivos amplios vinculados a control del microclima y a la modelización en espacios abiertos, junto al cuestionario guía de entrevistas con los usuarios del espacio abierto. Algunos de ellos son presentados a continuación.

2.2.1 Modelos de Confort Térmico (monogramas de confort y mapas). Según Davenport, A.G. (1972), estos modelos son útiles, pueden predecir condiciones de confort térmico con los datos disponibles y proporcionan al diseñador herramientas gráficas (monogramas). Utilizan los datos meteorológicos disponibles al público desde una estación cercana y son importantes para la predicción de la sensación térmica pues arrojan una traza media de ASV, y pueden constituir la plataforma para construir los monogramas y mapas de confort térmico utilizando parámetros personales que las personas desarrollan en los espacios abiertos. Los efectos de adaptación, tanto física como psicológicamente, son intrínsecas al modelo.

En estos modelos se realiza una cuidadosa selección de los parámetros meteorológicos típicos de diferentes zonas climáticas en cuanto a valores de radiación solar de 100, 400 y 800W.m², valores de humedad relativa de 20%, 40% y el 80% y velocidades del viento de 0,1, 1, 3 y 1-5m.s. Para los valores de los parámetros meteorológicos se puede hacer referencia a los respectivos modelos de la ciudad y calcular los valores correspondientes de ASV. De esta manera utilizando la ecuación o los monogramas se puede calcular el valor ASV correspondiente a las condiciones climáticas en zonas de interés, a fin de obtener el porcentaje de confort de las personas y combinarlos con las curvas específicas de la ciudad para obtener el porcentaje de usuarios confortables. Luego, utilizando los factores microclimáticos pueden modificarse ciertas opciones asociadas al diseño, esta tarea puede ser repetida para investigar cómo las opciones de

diseño afectan el porcentaje de confortabilidad de los usuarios del lugar, el proceso se asocia a combinación de monogramas y modelación. Cabe señalar que, la ausencia de entrevistas para cálculos de ASV pueden arrojar resultados sesgados y/o ambiguos en términos de comodidad o incomodidad, por esta razón se aconseja limitar el uso del modelo y los respectivos monogramas para rangos de temperatura del aire de 5 a 35 ° C.

2.2.2 Índice Confort de la ciudad. Este modelo se utiliza para obtener un índice de confort (ASV) de una ciudad en diferentes zonas climáticas sobre la base de datos meteorológicos por hora (Penwarden et al., 1975). Los parámetros utilizados son la temperatura del aire (T_{air_met} , ° C), radiación solar global (Sol_met , Wm^{-2}), velocidad del viento (V_met , MS^{-1}) y humedad relativa (RH_met , %). La herramienta combina los datos iniciales y agregados de cada sitio y fue desarrollada cuando se hizo evidente que los niveles de ASV no pueden ser interpretados de manera uniforme en términos de bienestar / malestar en una ciudad, por tanto se requiere un modelo para ASV y otro modelo para obtener la relación entre malestar y confort de una ciudad.

2.2.3 Índice de Confort para la microescala. Según Smith, F. and Wilson, C.B. (1977), en el caso de las zonas con una gran variedad de espacios, que van desde la vegetación densa y extensa sombra, a las zonas completamente expuestas al sol y al viento, los datos de la estación meteorológica no representan adecuadamente las condiciones microclimáticas del lugar. Es el caso de la microescala, en que los modelos de Confort deben ser capaces de aproximarse con propósitos de diseño, distinguiendo entre las zonas de sol y sombra, o las áreas protegidas y expuestas al viento, que en última instancia afectan directamente las condiciones de confort térmico en un espacio dado. Para ello es importante encontrar la forma de incluir los parámetros relacionados con el diseño en la data ambiental.

La identificación de factores de corrección simplificados entre las mediciones en sitio y las de la estación meteorológica más cercana, puede reflejar la modificación del microclima. Estos factores de corrección pueden ser utilizados como parámetros de modificación en los modelos de diseño para garantizar el confort en la microescala, lo que da valor al diseño. En este contexto, la vegetación puede actuar como factor de corrección del microclima en una serie de formas, reducir la temperatura del aire en comparación con las superficies duras, proporcionar sombreado y protección contra el viento. Con el uso de arborización, es posible esperar una reducción de temperatura del aire circundante en 1-2 ° C, de radiación solar en 20-60%, y un factor de permeabilidad de 0,4 para evaluar la reducción de velocidad del viento. Es importante entender que no puede haber grandes diferencias de viento de una parte de la ciudad a otra o incluso a escala micro de una parte de un espacio a otro, además señalar que el método puede utilizarse en la etapa inicial de diseño para identificar posibles áreas problemáticas, evaluando diferentes estrategias genéricas, combinado con otros métodos.

2.2.4 Modelo CFD (Computacional Dinámica de fluidos). Existen diferentes posibilidades para la evaluación de la distribución del viento en un espacio exterior, medir en el sitio a gran escala o túnel de viento, o utilizar un modelo computacional para simular el flujo del aire (Bjerregaard, E. and Nielsen, F, 1981). Las mediciones en el sitio tienen la ventaja que son resultados obtenidos de la situación real, donde se incluye la influencia de los edificios y obstrucciones. La desventaja es que puede ser costoso porque el período de medición debe ser suficiente para cubrir las combinaciones más frecuentes de velocidad y dirección del viento, pudiendo ser necesario contar con

un elevado número de puntos de medición. En las pruebas de túnel de viento los resultados son confiables para un gran número de combinaciones de velocidades de viento y direcciones, y pueden obtenerse con bastante rapidez. También permite probar el entorno de viento en áreas nuevas durante la fase de planificación y así probar nuevas soluciones. Sin embargo, es vital utilizar un laboratorio de viento con experiencia y construir un modelo preciso de la zona afectada y los alrededores, por ello puede resultar lento y costoso.

Una alternativa a las pruebas de túnel de viento, es la construcción de un modelo computacional del espacio y la zona circundante para simular el flujo de aire, una especie de túnel de viento virtual. Programas de este tipo de simulaciones se denominan computacional dinámica de fluidos (CFD), la ventaja es que cualquier combinación de velocidad del viento, dirección y la distribución física del espacio y sus alrededores pueden ser evaluados. Sin embargo, los cálculos requieren mucha potencia de los ordenadores y es vital que el usuario sea muy experimentado en el uso del software y en los complicados problemas de flujo de aire. El modelo evalúa el efecto de diferentes parámetros en condiciones de viento a nivel peatonal (1,5 m por encima del suelo) en un espacio rodeado de edificios e incluye los parámetros: tamaño del espacio, velocidad del viento, altura de los edificios (Frontera), dirección del viento y ancho y ubicación de las aberturas del espacio.

2.2.5 Modelo MRT (temperatura media radiante). Es un método gráfico simplificado para evaluar condiciones de radiación en el contexto urbano, ha sido desarrollado sobre la base de simulaciones de computadora a cabo utilizando el software de Solene. La salida del método es una evaluación aproximada de temperatura media radiante MRT, y puede ser fácilmente utilizado para calcular los índices de confort, como el PET o similares. El enfoque es analizar las variaciones de radiación en espacio y tiempo, de acuerdo al uso de diferentes materiales y sus propiedades físicas. La condición de referencia se ha definido como el valor constante de MRT en un plano horizontal ilimitado y un plano vertical (simulando una fachada del edificio) que modifica el valor MRT de todo el espacio, según el tamaño, orientación y materiales, se consideran diferentes configuraciones espaciales. El método proporciona información sobre valores de MRT y su variación en diferentes períodos diarios en verano, los parámetros considerados son: latitud, pavimento albedo, protección solar, geometría del espacio y orientación.

2.2.6 Modelo Digital Elevation Model (DEM). La atención del modelo se centra en los factores morfológicos que tienen un impacto en el confort al aire libre. Como entrada se utiliza los mapas y los datos geográficos y microclimáticas, los productos de salida tales como del factor de vista el cielo, el sol y la sombra del viento, pueden producirse y analizarse más a fondo para caracterizar los espacios abiertos e identificar las áreas que requieren la intervención del diseño. Esta caracterización también puede ayudar en la formulación de estrategias de diseño que se ocupan de cuestiones relativas a la morfología urbana y el microclima. Para el proyecto se utiliza la velocidad del viento y el aumento de frecuencia con el fin de producir el mapa de sombras del viento, este muestra las zonas que en su mayoría están expuestas al viento predominante. La rosa de la porosidad es otro indicador del flujo del viento y circulación dentro del sitio, mediante la medición de los obstáculos creados por las zonas edificadas en cada dirección.

2.2.7 Mapas de Confort Térmico. Son herramientas gráficas para ayudar a los tomadores de decisiones urbanas, planificadores y arquitectos. Los mapas se refieren a la comodidad de un entorno urbano en sus distintas escalas, ayudan en la predicción y evaluación de condiciones bioclimáticas, uso del espacio y la influencia del diseño urbano, al centrarse en el análisis espacial de las zonas de confort térmico de un sitio, facilitar la comparación de condiciones de confort entre diferentes sitios, y permitir la comparación del confort entre diferentes concepciones de diseño y suministrar información sobre la relación confort térmico y uso del espacio. El microclima, así como la sensación térmica, tiene una fuerte dependencia del diseño urbano y muestran una variación temporal y espacial, por ello es necesario examinar las condiciones climáticas en el diseño del espacio exterior. La metodología de mapeo de condiciones de confort térmico se ha desarrollado en base a resultados de encuestas de campo.

Las zonas de confort térmico se derivan de los temas de radiación y patrón de viento, las condiciones de confort se describe mediante una serie de clases en representación de zonas con similares condiciones de confort y sensación térmica. Los mapas de confort muestran en detalle la forma en que afectan las estructuras urbanas, los materiales y la vegetación al confort térmico y el diseño de espacios abiertos. La radiación puede ser influenciada por las estructuras de la ciudad, mientras que el viento, como segundo factor dominante puede canalizarse o reducirse con el uso de la vegetación.

2.2.8 Modelo CTTC (modulo constante de tiempo térmico). Este modelo desarrollado por Swaid y Hoffman (1990) calcula la temperatura diurna del aire y variación en el corredor urbano. El modelo utiliza la media diaria de temperatura, a la que añade un aumento de temperatura por energía solar y una reducción debido la radiación de onda larga. Se basa en como el consumo solar calienta la porción de la calle por radiación solar directa, calentamiento del aire en el corredor urbano. El término CTTC incluye el plazo solar, cuya magnitud depende de la geometría urbana. Aunque el modelo es un ejemplo, se ha acordado simular bien los resultados con mediciones de campo. Sin embargo, según Swaid y Hoffman (1990), el modelo se limita a las claras las condiciones meteorológicas y la temporada de verano.

2.2.9 Modelo ENVI-met. Es un programa informático que predice el microclima en las zonas urbanas (Bruse M., 2006). Se basa en tres dimensiones CFD y en el modelo de balance energético y es descrito en detalle por Bruse (1999). Un amplio resumen global del modelo es proporcionada también por Toudert Ali (2005). El modelo toma en cuenta los procesos físicos entre la atmósfera, suelo, vegetación y los edificios y simula el clima dentro de una zona urbana con un alto espacial y temporal resolución, lo que permite un estudio detallado de las variaciones microclimáticas. El hecho de que el programa requiere poner datos limitados y que la modelización de la zona urbana, hace que sea fácil de usar. Los datos consisten en poner las propiedades físicas de la zona urbana de estudio, límites geográficos y datos meteorológicos, además los datos de los edificios, dimensiones, reflectividad, Coeficiente K y la temperatura interior. Reflectividad y el U-valor son los mismos para todas las paredes y techos y la temperatura interior es constante y la misma para todos los edificios.

El modelo utiliza datos detallados sobre los suelos, incluyendo propiedades térmicas y de humedad, la evapotranspiración y la sombra de vegetación se tiene en cuenta. El requerimiento geográfico y meteorológico es agregar datos de longitud y latitud, temperatura inicial, humedad específica de la atmósfera, humedad relativa a 2 m de

altura, velocidad y dirección del viento a 10 m de altura. El modelo proporciona una gran cantidad de datos de salida incluida la velocidad del viento, temperatura del aire, la humedad y MRT. A pesar de ser muy amplio, el modelo tiene vacíos, una limitación importante es que no tiene en cuenta la masa térmica del edificio. ENVI-met puede clasificarse como una herramienta destinada para fines de investigación, más que para aplicaciones de diseño, ya que exige que se utilice adecuadamente el conocimiento de la climatología urbana. Se ha aplicado con éxito a una serie de zonas urbanas en una amplia gama de climas.

El análisis de los modelos anteriormente presentados y la comparación entre ellos de los diversos parámetros y formas combinatorias involucradas, permitió detectar, por un lado la evolución de los conceptos utilizados, se pasa de estimar los efectos sobre el microclima en la zona peatonal individual, modelos biometeorológicos, a extraer relaciones directas entre las propiedades de la localización (microclima) y la evaluación de la localización (indicador) en cada lugar-espacio; por otro lado, se observó coincidencia (constantes) en algunos factores-variables urbanas y ambientales intervinientes en el ambiente exterior. Para el planteo de escenarios sostenibles para fines de evaluación y diseño, es necesario determinar estas constantes aplicables a la microescala urbana y combinarlas selectivamente con los elementos intervinientes en el espacio urbano, características del espacio y edificaciones. Con este propósito se realizó una síntesis comparativa de los modelos estudiados sobre satisfacción térmica centrada en el usuario, en el se describen los objetivos, características, aspectos considerados y parámetros clave (Figura 1)

Figura 1: MODELOS DE SATISFACCIÓN TÉRMICA CENTRADOS EN EL USUARIO

Modelo	Objetivo	Características	Parámetros Claves	Variables Constantes
ITS (Índice de estrés térmico) (1969)	Cálculo índice estrés térmico (Modelo matemático)	Intercambio radiante, nivel de actividad metabólicas y vestimentas	Intercambio radiante, velocidad del aire, posición del individuo, temperatura,	-radiación -actividad del individuo -velocidad del aire -temperatura -vestimenta
ADAPTACION (1970)	Calculo de Satisfacción térmica (Modelo matemático)	Condiciones ambientales, actividad y vestimenta	Elección personal, memoria y expectativas	-condiciones ambientales -actividad del individuo -vestimenta
ASV (elección de sensación actual) (1970)	Correlación entre parámetros climáticos y satisfacción térmica (Modelo matemático)	Variación de ASV en relación a variables microclimáticas	temperatura del aire y velocidad del viento, índices de sensación térmica	- temperatura del aire -velocidad del viento - índices de sensación térmica
PMV (Índice de media térmica) (1972)	Predicción de la sensación térmica promedio, en función de parámetros meteorológicos	Cálculo de la media de los parámetros ambientales en relación a los niveles de la ropa y la tasa metabólica	Temperatura viento, Niveles de ropa y tasa metabólica	-temperatura del aire -viento - niveles de ropa - tasa metabólica

COMFA (Fórmula de Confort) (1995)	Medición de la radiación solar absorbida in situ, cálculo de radiación de las estaciones meteorológicas cercanas.	valores de saldo energético y de balance térmico	radiación - absorción y radiación emisión, intercambios por convección y evaporación	- radiación-absorción - radiación- emisión - intercambio por convección -intercambio por evaporación
--	---	--	--	---

Fuente: elaboración propia a partir de la indagación realizada.

La comparación anterior evidencia, primero, que en la aplicación de los modelos de satisfacción térmica centrados en el usuario se ha demostrado diferencias significativas entre la evaluación térmica de un espacio urbano exterior basado en índices estáticos y los resultados obtenidos por métodos empíricos, como entrevistas con los usuarios reales del espacio urbano. Significa que es indispensable corroborar los resultados con las experiencias in situ (entrevistas). Segundo, en los modelos las variables constantes están referidas al factor solar, al viento y a la vestimenta del individuo. El gráfico siguiente sintetiza los fundamentos de los modelos de confort térmico centrados en el espacio (Figura 2) enfocados en su mayoría a la relación microclima y propiedades físicas del espacio.

Figura 2: MODELOS PREDICTIVOS DE CONFORT TÉRMICO CENTRADOS EN EL ESPACIO

Modelo	Objetivo	Características	Parámetros Claves	Variables Constantes
Monogramas de confort (1972)	Predicción de las condiciones de confort térmico,	Modelos gráficos de zonas microclimáticas	datos meteorológicos disponibles, valores de ASV	Valores de radiación solar, temperatura del aire, valores de humedad relativa, velocidad del viento
Índice de Confort para microescala (1975)	Modificación del microclima	Inclusión de parámetros del diseño en los datos ambientales	Factores de corrección meteorológica	-Vegetación -Temperatura del aire, Sombreado y Viento
Índice Confort de la ciudad (1977)	Obtención de índice ASV de una ciudad	combinación de datos iniciales y agregados de cada sitio	Datos meteorológicos por hora.	Temperatura del aire radiación solar global, velocidad del viento y humedad relativa
CFD Modelo computacional dinámica de fluidos (modelo gráfico) (1981)	Evaluación del efecto de parámetros de viento a nivel peatonal.	Herramienta gráfica simplificada	Diferentes parámetros en las condiciones del viento	velocidad del viento -dirección del viento -distribución física del espacio
MRT temperatura media radiante (modelo gráfico) (1996)	Evaluación de condiciones de radiación en el contexto urbano	Método gráfico simplificado de configuraciones espaciales	Valores de radiación según el uso y las propiedades físicas materiales	-Latitud, -Protección Solar - Geometría del espacio -Orientación del espacio
DEM Digital elevation model (2000)	Caracterización del espacio Identificación de áreas para intervención del diseño.	Se centra en los factores morfológicos que tienen un impacto en el confort al aire libre	Mapas, datos geográficos, morfológicos y microclimáticos	-Velocidad del viento -Flujo de viento y circulación -Sombreado -Obstáculos edificados

Mapas de confort térmico	Predicción y evaluación de condiciones bioclimáticas, uso del espacio, influencia en el diseño urbano	Condiciones de confort térmico y espacial	Variación de radiación y patrón de viento	-Radiación -Velocidad del viento -Flujo del viento
CTTC (Constante de tiempo térmico de Cluster) 1990	Calculo de la temperatura media del aire y variación en el corredor urbano	Consumo solar por la radiación solar directa en corredor urbano.	Temperatura media diaria y Morfología	-Temperatura media -Radiación. -Geometría urbana
ENVI – met (simulación computacional) 2006	Predicción del microclima en las zonas urbanas	Procesos físicos entre la atmósfera, suelo, vegetación y los edificios y Simulación del clima en una zona urbana	Propiedades físicas, geográficas y datos meteorológicos	-Velocidad del viento -Temperatura del aire -Límites geográficos, -datos de los edificios, dimensiones -Reflectividad, - Coeficiente K -Temperatura interior

Fuente: elaboración propia a partir de la indagación realizada.

La comparación de modelos anteriores destaca, primero, la incorporación de parámetros morfológicos-edificatorios en el tiempo y su combinación con parámetros climáticos y datos meteorológicos de las estaciones cercanas e inclusión de los valores ASV para predicción de condiciones ambientales en el espacio. Los modelos incorporan variables de distribución física, orientación del espacio y elementos edificados, contemplan las diversas escalas urbanas hasta acercarse a la microescala, en su mayoría constituyen herramientas graficas bi y tridimensionales (simulación), útiles para el planificador-diseñador urbano. Esta posición es coincidente con la de Bruse and Fleer (1998), los autores señalan que debido a discrepancias entre sensaciones térmicas calculadas y observadas, así como el inconveniente de los índices locales, recomiendan el uso de técnicas alternativas de modelado que podría ayudar a obtener una información más realista. En este sentido y producto del estudio realizado se plantea una herramienta-modelo para la definición de escenarios sostenibles (Figura 3).

Figura 3. ESCENARIOS SOSTENIBLES

Parámetros microclimáticos		Parámetros morfológicos-edificatorios						Usuario - Actividad		
		Geometría del espacio			Datos de edificios (Frontera)					
		Organización	Tipo	Límites-obstáculos edificados	Alturas	Dimensiones	Distancias			Tipología
Orientación	Latitud	Requerimientos físicos según actividades previstas						Multiplicidad ambiental		
	Límites geográficos	Bloqueo Solar						Promedios de confort requeridos	sensaciones diversas	
Factor solar	Temperatura del aire	Control Radiación Solar								
	Radiación									
	Sombreado									

Factor Viento	Velocidad del viento	Movimiento del aire	Bloque abierto		
	Dirección del viento		Acondicionamiento pasivo		
	Flujo del viento				
Vegetación	Tipo	Control Radiación Solar		Zonas expectantes para actividades diversas	
	área				
Humedad relativa		Control Radiación Solar			

Fuente: elaboración propia a partir de la indagación realizada.

Estas técnicas resultan adecuadas para el planteamiento de escenarios sostenibles en que se combinan los parámetros los parámetros y variables constantes detectados en el estudio para fines de evaluación y diseño, y para entender y predecir la influencia del microclima en el comportamiento de los peatones en el microespacio urbano entre edificaciones y realizar ajustes pertinentes en la etapa inicial del diseño.

REFERENCIAS

Asaeda, T y Cathanh, V (1996). **Heat storage of pavements and its effect on the lower atmosphere.** Atmospheric Environment. 3 (3), 17-20.

Bjerregaard, E. y Nielsen F. (1981). **SBI direction 128 Wind environment around buildings.** (In Danish): Danish Buildings Research Institute, Hørsholm.

Brown Robert D, Gillespie Terry J (1995). **Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency.** John Wiley & Sons, New York.

Bruse Michael, Johannes (2006). **Analyzing Human Outdoor Thermal Comfort And Open Space Usage With The Multi-Agent System Botworld.** In: The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan

Bruse, M and H. Fleer (1998). **Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model,** Environmental Modelling and Software, 13(5), 373–384

Davenport, A.G. (1972). **An Approach to Human Comfort Criteria for Environmental Wind Conditions,** Swedish National Building Research Institute, Estockholm

GIVONI, B. (1998). **Climate Considerations in Building and Urban Design.** Van Nostrand Reinhold, New York.

ISO 7730 (1994). **Moderate thermal environments - determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort,** International Standards Organization, Geneva

Nikolopoulou, M., Baker N. y Steemers K. (2001). **Thermal comfort in outdoor urban spaces: the human parameter,** Solar Energy, 70 (3), 35-38.



Nikolopoulou Marialena, Lykoudis Spyros y Kikira Maria (2003). **Thermal Comfort in Outdoor Spaces: Field Studies in Greece**. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.).

NIKOLOPOULOU, Marialena (2004). **Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach**. Atenas: CRES.

Penwarden A. y Wise A. (1975). **Wind environment around buildings**. Department of the Environment BRE, Her Majesty's Stationery Office, London

Smith, F. y Wilson C. (1977). **A parametric study of airflow within rectangular walled enclosures**. Building and Environment Vol. 12, pp. 223-230.

Owens, S. (1986). **Energy, Planning and Urban Form**. Pion, London.

Pearlmutter, D., Bitan A. y Berliner P. (1999). **“Microclimatic analysis of ‘compact’ urban canyons in an arid zone”**, Atmospheric Environment 33(24–25): 4143–4150

Wilson, J. y Gallant, J. (2000). **Terrain Analysis: Principles and Applications**. New York: Wiley. pp. 1–27.