MÉTODO COMPLEMENTARIO AL DISEÑO DE ESPACIOS PÚBLICOS A PARTIR DE LAS PREFERENCIAS DE CONFORT TÉRMICO SEGÚN LAS ACTIVIDADES DE LOS USUARIOS

Andrés Atilano Piedrahita (1), Oscar Santiago Echeverri Montes (2), Luisa Fernanda Velásquez Zapata (3)
(1) Estudiante de arquitectura. aatilanop@unal.edu.co
(2) Estudiante de arquitectura. osecheverrim@unal.edu.co
(3) Estudiante de arquitectura. lfvelasquezz@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Arquitectura.

RESUMEN
El diseño de espacios públicos en contextos ubicados en la zona ecuatorial tiende a ser un proceso en el cual confluyen diversos factores climáticos, personales y psicológicos. Las repercusiones que estos factores tienen en la experiencia de los usuarios pueden ser abordadas desde un diseño más consciente y adecuado. El presente trabajo formula un método que sirva de complemento al diseño, mediante el cual se analiza el confort térmico en el espacio público, basándose en las preferencias de los usuarios y las actividades que se realizan. Metodológicamente se crea un modelo digital con la información climatológica y formal recolectada del caso de estudio (Plazuela de San Ignacio - Medellín, Colombia), para simular su desempeño en términos de confort térmico y posteriormente evaluar los resultados con relación a los rangos de preferencias térmicas y actividades de las personas. El método desarrollado presenta la posibilidad de ser utilizado para tomar decisiones al programar eventos o plantear un rediseño del espacio público existente de manera que las personas puedan gozar de confort térmico en cada actividad que se realice al mismo tiempo que se tiene en cuenta el distanciamiento social planteado por organizaciones de salud.

Palabras clave: Confort térmico, Espacio público, Envi-met.

ABSTRACT
The design of public spaces in climates located in the equatorial zone tends to be a process in which various climatic, personal and psychological factors converge. The repercussions that these factors have on the user experience can be addressed from a more conscious and appropriate design. The present work formulates a method that complements the design, through which thermal comfort in public spaces is analyzed, based on the preferences of the users and the activities carried out. Methodologically, a digital model is created with the climatological and formal information collected from the case study (Plazuela de San Ignacio - Medellín, Colombia), to simulate its performance in terms of thermal comfort and subsequently evaluate the results in relation to the ranges of thermal preferences and people's activities. The developed method presents the possibility of being used to make decisions when scheduling events or proposing a redesign of the existing public space so that people can enjoy thermal comfort in each activity that is carried out while taking into account social distancing raised by health organizations.

Keywords: Thermal comfort, public spaces, Envi-met

1. INTRODUCCIÓN

Usualmente al abordar el diseño de un proyecto de espacio público se toman en consideración variables enfocadas más hacia un ámbito formal y paisajístico, dejando en segundo plano las variables que tienen como punto de partida las condiciones climáticas y las necesidades térmicas de los usuarios.

Estas variables climáticas suelen estar dirigidas a ambientes interiores, siendo pocas las aplicaciones en espacios exteriores por lo complejo que resulta debido a las condiciones específicas del clima en la franja ecuatorial y a que, como menciona Zhang (2020), el confort térmico en exteriores está compuesto por dos tipos de factores, los factores climáticos "Temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar, etc." y los factores personales "género, edad, tiempo de estancia, tiempo de residencia, etc." Adicionalmente están los factores psicológicos, que pueden incidir en la percepción del bienestar en el espacio público, como podrían ser el estrés, la percepción visual del espacio, entre otros.

Es esta confluencia de factores a la que hace referencia Honjo (2009) al mencionar que "El principal problema para evaluar las condiciones térmicas exteriores es que las variables climáticas pueden ser mucho más diversas que en entornos interiores." Por esta razón se han adelantado múltiples análisis con diversos acercamientos, algunos a partir de recolección de datos y comparación de modelos térmicos en exterior e interior (DE DEAR ET AL. 2005) y otros mediante mediciones y entrevistas in situ para caracterizar preferencias según las condiciones climáticas (NIKOLOPOULOU et al. 2001).

Gracias a estudios adelantados en contextos climáticos similares como Taiwán (DE DEAR et al. 2019) y Brasil (SILVEIRA HIRASHIMA et al. 2017) y especialmente gracias al estudio de Sánchez (2020) en el contexto de Medellín, Colombia, se dan a conocer cuáles son las condiciones de confort en el espacio público que las personas consideran más apropiadas en relación con mediciones precisas de las condiciones en las que se encontraban.

Se considera que la falta de confort térmico en el espacio público es una situación recurrente en contextos ubicados en la zona ecuatorial, debido a las condiciones climáticas diversas y variables que estos pueden presentar. Esto puede ser mitigado a través de un diseño del espacio público adecuado, que disminuya las repercusiones climáticas y por ende la falta de confort térmico en espacios exteriores, por lo tanto, se cree importante desarrollar un método que pueda complementar futuras intervenciones, a partir de la evaluación y el procesamiento de datos climáticos y de confort térmico que puedan ser aplicados e implementados dentro del diseño.

2. OBJETIVO

Desarrollar y poner a prueba un método complementario para el diseño de espacio público partiendo de las preferencias térmicas de los usuarios según actividades preestablecidas, a través de modelos y simulaciones digitales, evaluando el diseño de un caso de estudio.

3. MÉTODO

El desarrollo metodológico propuesto se plantea desde tres puntos clave: la recolección de información (lugar, clima y necesidades de confort), la creación de un modelo digital para simular el desempeño del caso de estudio y el procesamiento de los resultados; trabajados durante cuatro fases (Figura 1).

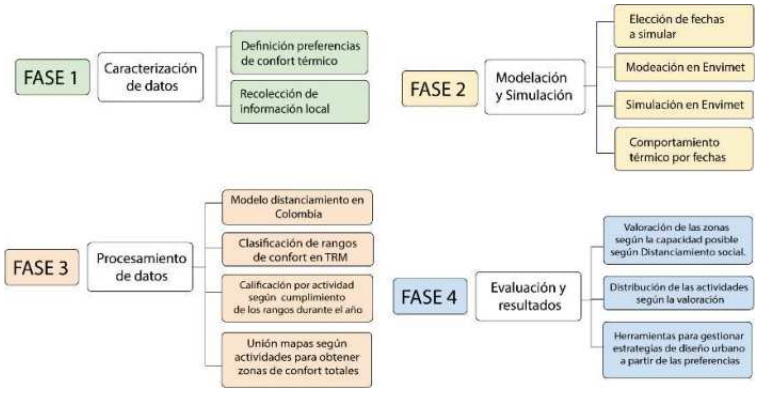


Figura 1 - Esquema fases metodológicas.

3.1 Ubicación de la investigación y objeto de estudio.

Medellín, Colombia, (6°14′41.09″ N, 75°34′29.38″ W) es una ciudad con condiciones climáticas determinadas por su particular ubicación a 1475 m.s.n.m. en la cordillera de los andes, dentro de un valle alargado orientado en sentido Norte-sur. La dirección del viento predominante está determinada por esta orientación y adicionalmente cuenta con corrientes que bajan por las montañas del oriente hacia su centro (velocidades promedio entre 1 a 2 m/s). Su temperatura no varía significativamente durante el año, manteniendo un clima templado (T Máx. promedio 26°C, T Mín. promedio 17°C) y una humedad relativa que oscila entre 60% y 90%.

La principal característica climática de la ciudad es su cielo que permanece nublado el 90% del tiempo durante el año, lo que se complementa con sus constantes precipitaciones (70% probabilidad de lluvia durante el 75% del año y 1550 mm de lluvia anual). A pesar de esto, un día típico inicia con mañanas "frías" (~ 17°C), a mediodía la temperatura aumenta gradualmente y, hacia las tres de la tarde se alcanzan las temperaturas más altas (~ 26°C), lo cual explica el comportamiento usual de las personas en los espacios públicos de la ciudad, donde la mayor ocupación se vive en las tardes.

Considerando que Medellín está buscando desde hace varios años revitalizar su centro, se cree importante seleccionar un ejemplo local para poner a prueba el método desarrollado, evaluando el diseño en base a las necesidades de confort térmico de sus usuarios. Con base en esto se ha elegido la plazuela de San Ignacio (Figura 2) por sus condiciones micro climáticas singulares, contando con una abundante arborización. Y, su ubicación y concurrencia, pues se encuentra en el centro de la ciudad rodeada de múltiples edificios culturales, educativos y cercana a estaciones de transporte público.



Figura 2 - Localización de la plazuela San Ignacio.

3.2 Caracterización de las necesidades de confort según actividad.

Al definir rangos y actividades según preferencias de confort térmico, resulta conveniente usar una fuente de datos local, ya que al emplear información de otros contextos sin tener en cuenta las diferencias culturales y psicológicas de los usuarios, al igual que las distintas condiciones ambientales, se pueden generar valoraciones alejadas de las preferencias reales de los usuarios. Esto se evidencia en estudios como el de Knez y Thorsson (2008) en el que se constata que los usuarios perciben, prefieren y valoran diferente los espacios según su idiosincrasia, a pesar de que estos se hallen en condiciones térmicas similares.

También se tiene en cuenta que, como mencionan Liang, Hien, Kardinal (2013) *"Uno de los principales factores que contribuyen a la respuesta térmica del ser humano a su entorno medio ambiental es la temperatura media radiante (TMR). Esto juega un papel crucial no sólo en situaciones de interior sino también en el exterior como se indica en varios estudios que han destacado que el confort térmico exterior depende en gran medida de los flujos de radiación de onda corta y onda larga del entorno"*

Por lo tanto se considera importante tomar la temperatura media radiante (TMR) como principal factor para evaluar el confort térmico dentro del método.

Para la caracterización de los rangos y actividades a considerar en esta investigación, a partir de lo anterior, fueron utilizados los datos generados, depurados y proporcionados por Sánchez (2020) quien realizó una serie de encuestas a 150 usuarios de Parques del Río, espacio público ubicado en la ciudad de Medellín, sobre la percepción y preferencia de confort térmico a partir de condiciones específicas del clima. Durante este proceso realizó a la par las mediciones pertinentes (temperatura de globo, humedad relativa, velocidad del viento) con ayuda de una unidad móvil, lo cual le permitió calcular e identificar la temperatura media radiante (TRM) para ser relacionada con las respuestas obtenidas a través de las encuestas (Tabla 1).

Tabla 1 - Preferencias térmicas (TRM) por actividades

Preferencia de temperatura (TMR)									
Actividad (MET)	Alto(3,2)	**TMR**	**21-25**	**25-29**	**29-33**	**33-37**	**37-43**	**43-47**
		Preferencia	confort	más frio	mucho más frio			
Actividad (MET)	Medio (1,5)	**TMR**	**21-25**	**25-29**	**29-33**	**33-37**	**37-43**	**43-47**
		Preferencia	confort		más frio			
Actividad (MET)	Bajo (1)	**TMR**	**21-25**	**25-29**	**29-33**	**33-37**	**37-43**	**43-47**
		Preferencia	confort				más frio	
TMR			**21-25**	**25-29**	**29-33**	**33-37**	**37-43**	**43-47**
Actividad (MET)		Alto(3,2)						
		Medio (1,5)						
		Bajo (1)						

Para complementar los datos del estudio Sánchez llevó a cabo una clasificación de las actividades que los usuarios realizaban según su nivel metabólico (Tabla 2), para tener una adecuada correspondencia entre mediciones y preferencias, asumiendo que el Clo (Clo promedio = 0,50) no varía representativamente en el contexto local.

Tabla 2 - Caracterización actividades Según el nivel metabólico. Tomado de Sanchéz (2020)

Actividad / Nivel Metabólico		
Baja	**Media**	**Alta**
(16) _ Viendo algo en el celular	(1) _ Dando un paseo	(2) _ Jugando
(17) _ Mirando una actividad	(5) _ Sacando al perro	(3) _ Bailando
(18) _ Hablando con alguien	(6) _ Caminando de compras	(4) _ Haciendo ejercicio
(19) _ Contemplando el paisaje	(8) _ Transitando hacia otro lugar	
(20) _ Meditando	(9) _ Haciendo una diligencia	(7) _ Montando en bicicleta
(21) _ Haciendo Yoga		
(22) _ Haciendo un picnic	(11) _ Bebiendo algo	
(23) _ Leyendo	(13) _ Comiendo	(10) _ Realizando un trabajo
(24) _ Supervisando a los niños o perros	(14) _ Tomando fotos o siendo fotografiado	
(25) _ Descansando por necesidad		(12) _ Elevando cometa
(26) _ Esperando a alguien	(15) _ Comprando algo	

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de datos locales sobre las preferencias térmicas impactará considerablemente los resultados, por lo cual, para efectos metodológicos, se considera que la tabla 1 debe ser examinada y adecuada al contexto donde vaya a ser implementado el recurso.

3.3 Selección de los escenarios a simular

Para la selección de los escenarios es necesario conocer el comportamiento térmico más repetitivo en el lugar durante el año, entre 9am y las 4pm, horas en que la plazuela tiene una ocupación mayor, evitando con esto evaluar situaciones extremas que no sean representativas del sitio. Para esto se obtienen mediciones de temperatura del aire del lugar, provenientes de la estación meteorológica AMVA del Sistema de alerta temprana del Valle de Aburrá (SIATA) para un periodo de un año hasta el momento en que se inició la investigación (de noviembre 2019 a Octubre 2020).

Se organizó la información presentando los datos por fecha, hora y temperatura, valores que fueron redondeados para efectos prácticos. A partir de esto se realiza un análisis mes a mes, filtrando los datos según las horas especificadas y obteniendo la temperatura representativa (Moda) de 26°C. (Figuras 3 y 4)

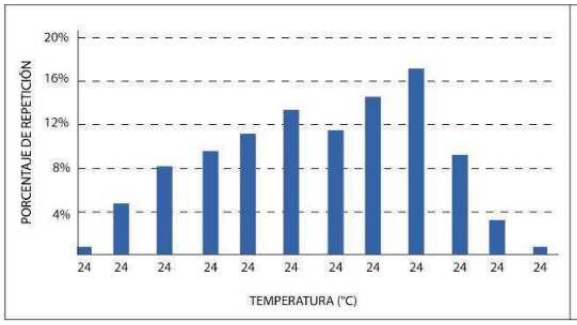


Figura 4. Ejemplo moda mensual de las temperaturas

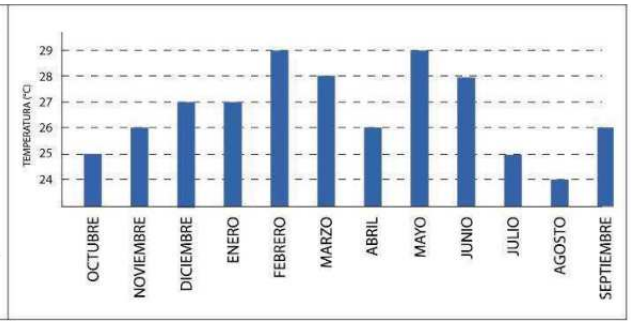
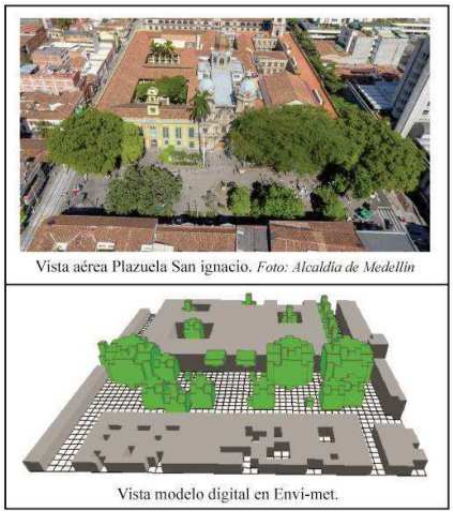


Figura 3. Gráfica de la moda anual.

Teniendo la moda como referencia, se buscó dentro de la base de datos propiciada por el SIATA días cercanos a las fechas de los solsticios y equinoccios que contaran con registros de temperaturas similares, esto con el fin de evaluar días con la mayor variación en el ángulo de incidencia del sol durante el año. Obteniendo como resultado los días 20 de marzo, 25 de diciembre y 26 junio entre las 3 y 4 pm. Se optó por escoger las horas de la tarde debido a que, dentro de las variaciones diarias, es en este horario donde la plazuela alcanza temperaturas más próximas a la moda.

3.4 Construcción del modelo digital y simulaciones.

Para la construcción del modelo se siguen los pasos respectivos dentro de cada uno de los programas complementarios que componen Envi-met: Se realiza una caracterización de las especies arbóreas significativas del lugar (Albero); se modela el entorno inmediato de la plazuela, definiendo la altura de los paramentos, materialidades de los suelos y los volúmenes de vegetación (Spaces), como se puede observar en la comparativa del espacio de la plazuela y su modelado dentro de Envi-met (Figura 5); se definen todos los datos climáticos en Envi-guide, necesarios para la simulación de cada escenario con base en los datos procesados como humedad relativa, velocidad y dirección del viento, temperatura máx. y min. del aire, etc. (Tabla 3) Finalmente, La unión de los diferentes datos generados permite tener un archivo de simulación, procesado dentro de Envi-core.


Vista aérea Plazuela San ignacio. *Foto: Alcaldía de Medellín*

Vista modelo digital en Envi-met.

Figura 5 – Comparación espacialidades.

Tabla 3 - Información de entrada para la simulación

Fecha / Hora	20/03/2019 3:00:00 p. m.	26/06/2019 3:00:00 p. m.	25/12/2019 3:00:00 p. m.
Tiempo de simulación	1	1	1
Temp min. C° 9:00	21	22	22
Temp máx. C° 16:00	28	28	26
Humedad relativa min. % 6:00	80	80	60
Humedad relativa máx. % 16:00	69	71	57
V. viento.	5km/h	6km/h	5km/h

Debido a limitaciones de Hardware, los tiempos de entrega correspondientes a la investigación y teniendo en cuenta el tiempo que se demora dicho programa realizando la simulación, no fue posible generar una evaluación durante todo el año o días completos, por lo que solo se simularon los días mencionados en el punto 3.3. También es importante resaltar que los resultados de estas simulaciones no fueron calibrados con mediciones de temperatura en sitio, ya que el desarrollo del método coincidió con temporadas de cuarentena por la pandemia del Covid-19, lo cual dificultó el trabajo de campo.

3.5 Procesamiento y visualización de datos.

Inicialmente, para visualizar y comprender los datos provenientes de la simulación se exportó la información resultante sobre temperatura media radiante (TMR) en archivos .CSV para ser procesados en hojas de cálculo, mediante un formato condicionante que permite clasificar cada una de las temperaturas obtenidas según los rangos preestablecidos por Sánchez (2020) en su investigación, los cuales determinó en su momento a partir del procesamiento de las variables cuantitativas que obtuvo de los cuestionarios realizados. La clasificación fue representada a través de un código numérico específico y un color (Figura 6).

Luego, al momento de combinar los diferentes resultados de cada fecha, se toma como referencia la tabla de confort por actividad metabólica (Tabla 1), para comparar los datos resultantes de cada celda de los diferentes días simulados, con el rango de confort térmico requerido para cada actividad mediante mapas de unos y ceros, 1 cuando cumple con el rango de confort y 0 en caso contrario.

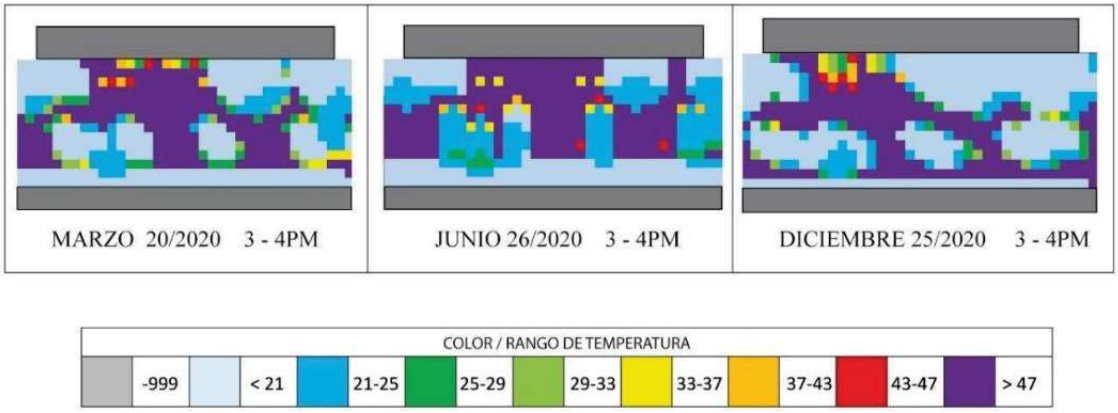


Figura 6 – Mapas (en planta) de rangos de temperatura con sus respectivas convenciones de color y código.

Para integrar la información, se genera un mapa que promedia los datos anteriores (1 - 0), de manera que se identifique la frecuencia de los valores en cada una de las fechas teniendo en cuenta la intensidad de la actividad (alta, media y baja); 3/3 indica un cumplimiento del rango de confort del 100% del tiempo durante el año, 2/3 indica un cumplimiento del 67% y 1/3 indica un cumplimiento del 33%.

Como resultado se obtienen 3 mapas por actividad (Figura 7) donde se visualizan las zonas que ofrecen confort térmico durante el año y su cumplimiento representativo de las condiciones. Además, dado que el diseño actual de la plazuela cuenta con espacios no accesibles (Jardineras, Cercas, árboles y monumentos), se le restó el área correspondiente de estos elementos para conocer el área útil real en la que se podrían distribuir las actividades requeridas, ordenando la información en tablas con las áreas útiles respectivas (Figuras 8 y 9) y determinando el área útil hallada según la actividad a realizar (Tabla 4).

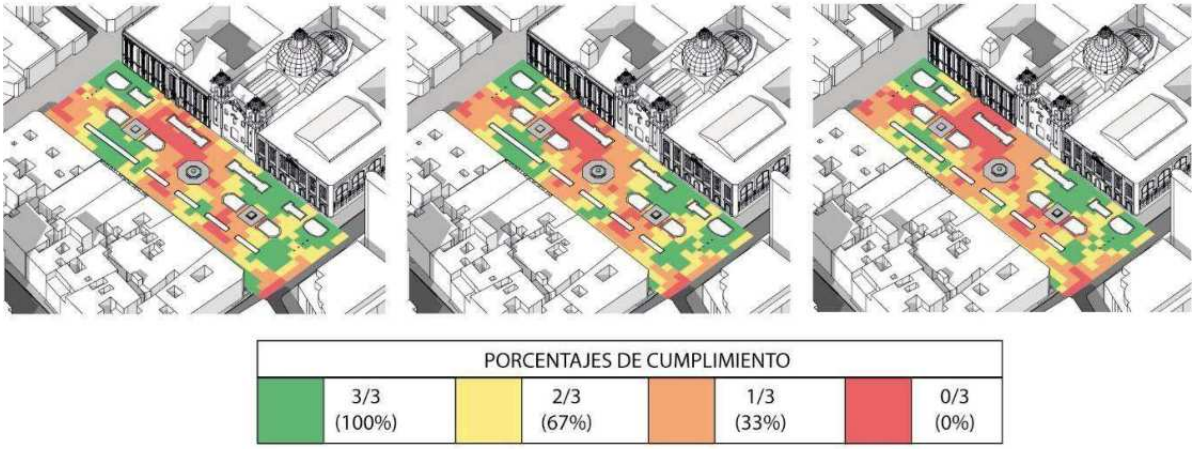


Figura 7 - Frecuencia con la que se cumple el rango de temperatura según el requerimiento la actividad.

Figura 8 – Áreas útiles totales por zona según actividad

ACTIVIDAD MET BAJA (1 met)						
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)
1	224	56	168	309	1,2	84
2	183	33	150	361	23	132
2	23	0	23			
3	46	9	37	141	11	84
4	131	3	129	862	55	307
4	114	34	80			
4	240	34	206			
4	8	5	2			
4	8	6	2			
TOTAL (M2)	797,96			606,92		

ACTIVIDAD MET MEDIA (1,5 met)						
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)
1	216,37	54,31	162,06	316,83	3,3	97,16
2	177,95	33	144,95	301,24	18,26	105,03
3	32,55	3,37	29,18	112,39	10,94	68,9
4	231,82	26,97	204,85	869,95	71,88	319,79
4	122,82	33,85	88,97			
4	115,91	2,4	113,51			
4	7,73	1,1	6,63			
TOTAL (M2)	750,15			590,88		

ACTIVIDAD MET ALTA (3,2 met)						
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)
1	200,92	54,31	146,61	301,37	3,3	97,15
2	15,46	0	15,46	300	18,26	141,2
2	125,08	33	92,08			
3	15,46	3,37	12,09	96,18	10,94	69,78
4	231,82	29,26	202,56	790,37	65,7	292,75
4	122,82	33,85	88,97			
4	61,82	2,4	59,42			
4	15,46	0	15,46			
TOTAL (M2)	632,65			600,88		

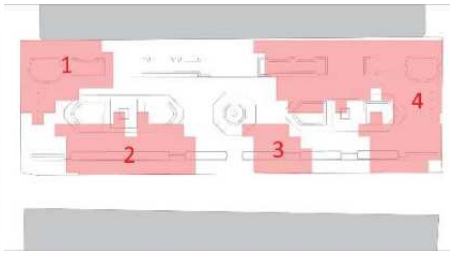


Figura 9 - Ubicación áreas de confort con su código correspondiente para lectura en tabla 3.

Tabla 4 – Resumen áreas utiles según actividad

ÁREA ÚTIL (3/3) SEGÚN ACTIVIDAD	
ACTIVIDAD	ÁREA (m2)
ALTA	632.65
MEDIA	750.15
BAJA	797.96

4. RESULTADOS: APLICACIÓN DEL MÉTODO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Para demostrar la aplicabilidad del método planteado se busca abordar la evaluación del lugar desde dos asuntos: Determinar la ocupación máxima posible en cada zona de confort y distribuir las actividades a partir de las necesidades de confort de un grupo representativo de usuarios. Ambas situaciones parten de la información producida anteriormente sobre las áreas de confort térmico por actividad y cuentan con algunos procedimientos enfocados a dar respuesta a los asuntos planteados, por lo que pueden variar según la pregunta a responder.

4.1 Ocupación máxima posible ante el escenario de distanciamiento social establecido en Colombia.

Para establecer la ocupación máxima posible del lugar se define primero la ocupación máxima relativa del espacio, lo que permite conocer cuántas personas soportaría el área total de la plazuela considerando el diseño actual del espacio. Se parte de un hexágono con 1,3 m de apotema como el área correspondiente para conservar el distanciamiento social de 2 metros entre personas según recomendaciones del ministerio de salud y protección social (Figura 10).

Esta unidad se utilizó para convertir la planimetría original de la plazuela en una retícula hexagonal restando las zonas inaccesibles, lo cual dio como resultado un total de 369 personas como cantidad máxima a la que se puede aspirar bajo las condiciones de distanciamiento social y las áreas accesibles que tiene la plazuela (Figura 11). A continuación, con base en las áreas de las tablas de confort realizadas en el punto 3.4 y se calcula la ocupación máxima real que permite el diseño de la plazuela según cada actividad.

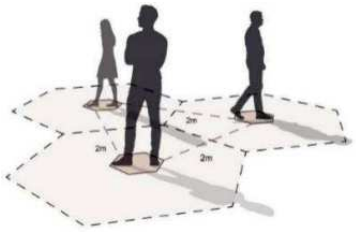


Figura 10 - Unidad hexagonal para distanciamiento.

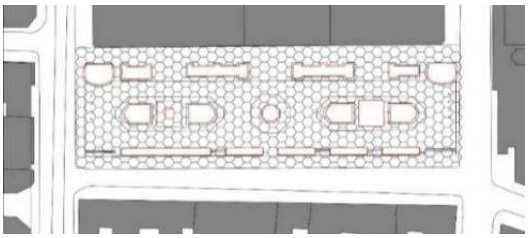


Figura 11. Retícula hexagonal utilizada para ocupación máxima relativa.

Finalmente, se compara la ocupación máxima relativa con la ocupación máxima posible por actividad en confort, para conocer cuál es el porcentaje del total que se alcanza según las actividades que se realicen en contraste a las zonas de confort que se ofrecen (Figura 12). Se entiende entonces que la ocupación máxima varía entre el 29% y el 37% asegurando entre 136 y 108 personas en zonas de confort en la totalidad del tiempo (Tabla 5). Para alcanzar un mayor porcentaje de ocupación se tendrían que pensar soluciones que ofrezcan mayores áreas de confort que las existentes (figura 13).

ACTIVIDAD MET MEDIA (1,5 met)									
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	Total personas/ubicación
1	216.37	54.31	162.06	28	316.83	3.3	97.16	17	44
2	177.95	33	144.95	25	301.24	18.26	105.03	18	43
3	32.55	3.37	29.18	5	112.39	10.94	68.9	12	17
4	231.82	26.97	204.85	35	869.95	71.88	319.79	55	125
4	122.82	33.85	88.97	15					
4	115.91	2.4	113.51	19					
4	7.73	1.1	6.63	1					
TOTAL PERSONAS	128				101				229

ACTIVIDAD MET ALTA (3,2 met)									
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	Total personas/ ubicación
1	200.92	54.31	146.61	25	301.37	3.3	97.15	17	42
2	15.46	0	15.46	3	300	18.26	141.2	24	43
2	125.08	33	92.08	16					
3	15.46	3.37	12.09	2	96.18	10.94	69.78	12	14
4	231.82	29.26	202.56	35	790.37	65.7	292.75	50	113
4	122.82	33.85	88.97	15					
4	61.82	2.4	59.42	10					
4	15.46	0	15.46	3					
TOTAL PERSONAS	108				103				211

ACTIVIDAD MET BAJA (1 met)									
Ubicación	3/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	2/3 (m2)	zona verde (m2)	Total util (m2)	Total personas	Total personas/ ubicación
1	224	56	168	29	309	1.2	84	14	43
2	183	33	150	26	361	23	132	23	52
2	23	0	23	4					
3	46	9	37	6	141	11	84	14	21
4	131	3	129	22	862	55	307	52	124
4	114	34	80	14					
4	240	34	206	35					
4	8	5	2	0					
4	8	6	2	0					
TOTAL PERSONAS	136				104				240

Figura 12. Áreas útiles totales por zona según actividad más el total de personas.

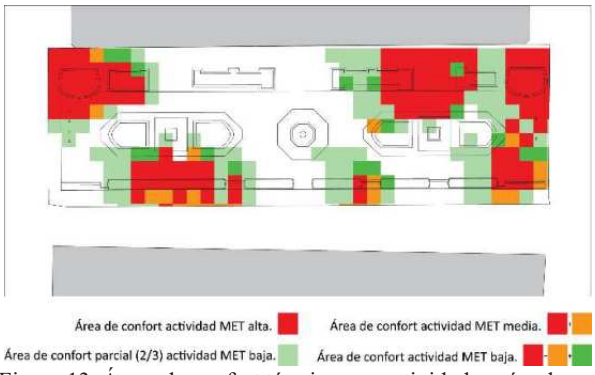


Figura 13. Áreas de confort térmico por actividad según el promedio anual entre las 3 – 4pm

Tabla 5. Máximo de ocupación por actividad.

Número de personas	Porcentaje de ocupación	Tipo de actividad
369	100%	N/A
136	37%	Todos baja
128	35%	Todos media
108	29%	Todos alta

4.2 Distribución de actividades según necesidades de los usuarios.

Para este ejemplo de aplicación se busca distribuir una cantidad posible de usuarios en la plazuela según sus necesidades de confort térmico, para esto es necesario conocer una proporción de usuarios adecuada por rango de edades y actividades a realizar, con base en los datos demográficos del sector.

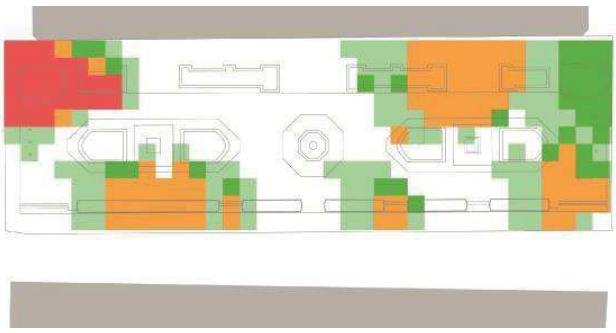
A partir del perfil demográfico 2016-2020 realizado por la alcaldía de Medellín, se identificó la cantidad de habitantes en la comuna 10 de Medellín según 4 tipos de usuarios: Niños y Jóvenes (0-19 años), Adultos jóvenes (20-39), Adultos (45-55) y Adultos mayores (55+) Según estos datos se identifica un porcentaje representativo por cada grupo poblacional y un porcentaje de ocupación del 50% con relación al máximo de ocupación relativo obtenido previamente (369).

Teniendo en cuenta los datos recopilados anteriormente dentro del método, y para dar respuesta al ejemplo de aplicación, se construye una tabla resumen con la definición de variables (Tabla 6) desde la cual indican la cantidad de usuarios y el requerimiento de TMR por cada tipo de actividad.

Tabla 6. Resumen Variables segun actividad

Actividad	Baja				Media				Alta			
Usuarios (Edades)	0-19	20-39	40-55	55+	0-19	20-39	40-55	55+	0-19	20-39	40-55	55+
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
TMR												
Cantidad Usuarios	10	17	20	31	10	17	20	31	10	17		31
Usuarios por Actividad	78				78				27			
Total usuarios	183											

Con base en la tabla anterior, se distribuye la cantidad de personas en orden de mayor requerimiento térmico a menor, ubicando los usuarios de cada actividad en las áreas que cumplen con las temperaturas de confort. Para procedimientos posteriores puede realizarse una distribución partiendo del requerimiento que se considere apropiado.



Actividad	# Personas	Zona	Área (m2)
Alta	27		157,95
Media	78		456,3

Actividad	# Personas	Zona	Área (m2)
Baja	31		181,35
Baja	47		274,95

Figura 14. Ejemplo distribución de actividades de mayor a menor requerimiento térmico.

Como resultado se logra ubicar los usuarios de actividad metabólica alta y media en áreas con temperaturas de confort apropiadas y en cuanto a los usuarios de baja se ubican 31 de estos en zonas de confort deseable y los 47 restantes en áreas que cumplen con 2/3 del año con temperaturas deseables (Figura 14).

5. CONCLUSIONES

Independientemente del lugar analizado, el método presenta la posibilidad de ser utilizado para tomar decisiones al programar eventos en el espacio público existente de manera que las personas pueden gozar de confort térmico al mismo tiempo que se tiene en cuenta el distanciamiento social planteado por organizaciones de salud.

Con la información obtenida en el proceso es posible responder a diferentes preguntas específicas sobre los requerimientos y ofertas del espacio, las cuales pueden ser reflejadas posteriormente en el diseño como decisiones conscientes.

Se identifican limitaciones con el tiempo requerido por el programa Envi-met al momento de generar simulaciones, ya que resulta ser muy prolongado, lo cual, por el tiempo reducido e invertido en la realización de la investigación, no es posible obtener datos dinámicos y esto limitó la cantidad de fechas y horas a evaluar. Con una revisión más detallada de programas de simulación alternos se podría reducir el tiempo de simulación y ampliar los resultados

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Zhang, L. Wei, D. Hou, Y. Du, J. Liu, Z, Zhang, G. Shi, Long. “Outdoor Thermal Comfort of Urban Park—A Case Study” MDPI Sustainability journal. China. 2020.

Honjo, T. Thermal Comfort in Outdoor Environment. Faculty of Horticulture, Chiba University 648 Matsudo, Matsudo-shi, Chiba 271-8510, Japan. 2009.

De Dear, R. Spagnolo, J. Thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments Division of Environmental and Life Sciences, Macquarie University, Sydney, Australia. 2005.

Nikolopoulou, M. Backer, N. Steemers, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Solar Energy, Volume 70, Issue 3. 2001.

De Dear, R. Ping, L. Matsarakis, A. Hwang, R. Prediction of thermal acceptability in hot-humid outdoor environments in Taiwan. Architecture of Department, University United National, Taiwan. 2019.

Hirashima, S.Q.S. Assis, E. Gomes, D. Evaluation of the PET thermal comfort index calibration methods used in Brazil. PLEA, Edimburgo. 2017.

Sánchez, J. Preferencias ambientales según factores sociodemográficos y de uso en los espacios urbanos de la ciudad de Medellín: Caso de estudio: Parques del Río. Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia. 2020.

Knez, I. Thorsson, S. Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons. P.1483, Suecia. 2008.

Liang, C. Hien, N. Kardinal, S. Outdoor mean radiant temperature estimation in the tropical urban environment. Singapore. p.188. 2013.

SIATA, Sistema de alerta temprana del Valle de Aburrá. Base de datos climáticos de la ciudad de Medellín. Recuperado el 1 de octubre de 2020 de https://siata.gov.co/siata_nuevo/

Ministerio de salud y protección social, Distanciamiento físico para romper la cadena de transmisión del coronavirus. Recuperado el 1 de octubre de 2020 de https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Distanciamiento-fisico-para-romper-la-cadena-de-transmision-del-coronavirus.aspx

AGRADECIMIENTOS

A Juliana Sánchez, quien nos facilitó amablemente su base de datos de mediciones locales, indispensables para el desarrollo de la investigación, al igual que por su tiempo y orientación.

A los profesores Jorge Hernán Salazar Trujillo y Lucas Arango Díaz, por su diligente asesoría, constante apoyo y contribución al desarrollo de esta investigación.