

## EL EDIFICIO MODERNO EN MEDELLÍN, EL CONFORT Y EL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>1</sup>

### THE MODERN BUILDING IN MEDELLIN, COMFORT AND CLIMATE CHANGE

DOI: [10.47796/ra.2024i26.1039](https://doi.org/10.47796/ra.2024i26.1039)

PRESENTADO : 05.12.23

ACEPTADO : 07.10.24

GUSTAVO MURILLO LÓPEZ<sup>2</sup>

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

#### RESUMEN

El cambio climático es la problemática que a nivel mundial afecta el ambiente natural del hombre, su salud y su existencia. El aumento de la temperatura, las demandas de energía y la contaminación han propiciado una preocupación por las prácticas humanas causantes de esta crisis ambiental, pero especialmente han promovido el desarrollo de prácticas sustentables en diversos campos del conocimiento, entre ellos la arquitectura. Desde finales del siglo XIX, pero especialmente a inicios del siglo XX con el movimiento moderno, los arquitectos ya venían desarrollando métodos y estrategias que les permitieran adaptar las edificaciones al clima, a través del uso de estrategias para iluminar y ventilar de forma natural, estableciendo así una adecuada relación de la arquitectura y su entorno natural. En esa línea, el presente artículo pretende evaluar la respuesta al confort térmico y visual de un edificio moderno en la ciudad de Medellín analizando sus estrategias formales de adaptación al clima desde sus condiciones ambientales iniciales hasta las actuales. Para llevar esto a cabo, se estableció una metodología mixta, es decir, una cualitativa y otra cuantitativa. La primera permitió un acercamiento al edificio caso de estudio desde

#### ABSTRACT

Climate change is the problem that affects man's natural environment, his health and his existence worldwide. The increase in temperature, energy demands and pollution have led to concern about the human practices causing this environmental crisis, but they have especially promoted the development of sustainable practices in various fields of knowledge, including architecture. Since the end of the 19th century, but especially at the beginning of the 20th century with the modern movement, methods and strategies were already being developed by architects that allowed buildings to be adapted to the climate, using strategies to illuminate and ventilate naturally, establishing Thus, an adequate relationship between architecture and its natural environment, therefore, the aim is to evaluate the response to thermal and visual comfort of a modern building in the city of Medellin by analyzing its formal strategies for adaptation to the climate from its initial conditions to the current ones. environmental conditions. To carry out this, a mixed methodology was established, that is, one qualitative and one quantitative. The first allowed an approach to the case study building from the approaches of modernity and thus understand the formal strategies of the shadow

<sup>1</sup> Artículo elaborado a partir de investigación realizada en la Maestría en Bioclimática. Título de la investigación: Evaluación comparativa de las condiciones iniciales y actuales de confort térmico y visual de dos edificios modernos de la ciudad de Medellín.

<sup>2</sup> Arquitecto egresado de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia. Especialista en Construcción Sostenible y candidato a Magister en Arquitectura Bioclimática.

los planteamientos de la modernidad y comprender así las estrategias formales de los dispositivos de sombra. La segunda permitió realizar simulaciones computacionales para analizar el confort térmico y visual en las condiciones ambientales actuales del edificio. Se concluyó que el diseño de dispositivos de sombra para la adaptación al clima del edificio escogido otorga condiciones adecuadas de confort térmico y visual en las condiciones ambientales actuales, producto del ejercicio consciente de los arquitectos locales de la época en que fue diseñado el edificio.

**Palabras clave:** Cambio climático, arquitectura moderna, bioclimatismo, confort.

devices. The second allowed computer simulations to be carried out to analyze thermal and visual comfort in the current environmental conditions of the building. It was concluded that the design of shading devices for adaptation to the climate of the chosen building provides adequate conditions of thermal and visual comfort in the current environmental conditions as a result of the conscious exercise of the local architects of the time in which the building was designed.

**Keywords:** Climate change, modern architecture, bioclimatism, comfort.

## INTRODUCCIÓN

El mundo enfrenta hoy en día grandes desafíos relacionados con los recursos energéticos y la contaminación del medio ambiente, sin embargo, gran parte de la comunidad internacional reconoce que el cambio climático es uno de los retos más importantes para el desarrollo y la sostenibilidad del siglo XXI (Sánchez Rodríguez, 2013, p. 9). Las variaciones registradas de la temperatura evidencian, además, un aumento a nivel global. Así lo indicó el panel intergubernamental sobre el cambio climático en su Informe Especial sobre Calentamiento Global de 1,5 °C” en el que concluyó que “el calentamiento inducido por el hombre alcanzó aproximadamente 1 ° C (probablemente entre 0,8 ° C y 1,2 ° C) por encima de los niveles preindustriales en 2017, aumentando a 0,2 ° C (probablemente entre 0,1 ° C y 0,3 ° C) por década (nivel de confianza alto)” (Organización Mundial Meteorológica, 2020, pp. 6-9). Los últimos cinco años (2015-2019) han sido los

cinco más cálidos registrados, y los promedios de diez años (2010-2019) también los son. Desde la década de 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida que cualquier anterior desde 1850.

Los desarrollos de las ciudades a través del tiempo, sus procesos de urbanización y los usos del suelo causados por el aumento de la población han incidido de igual forma en el microclima de las ciudades. En el caso de Colombia, el crecimiento de su población en las ciudades no la hace ajena a las variaciones de temperatura producto del cambio climático, donde de acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, si los niveles de emisiones globales de GEI aumentan —como es lo más probable—, la temperatura media anual en Colombia podría incrementarse gradualmente en 2.14 °C para el año 2100, es decir, para fines del siglo XXI (IDEAM, 2012, p.14). La ciudad de Medellín no es ajena a la influencia de un crecimiento urbano y al efecto que este tiene sobre la temperatura en el centro

de la ciudad. En un estudio realizado en 2013 por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Nacional, por ejemplo, se analizaron los registros mensuales de temperatura atmosférica correspondientes al periodo 1942-2009. A lo largo de este periodo se ha presentado un incremento promedio de 0.7 °C por década para los registros de temperatura mínima, y 0.2 °C por década para temperatura media (Soto-Estrada, 2019, págs. 421-434).

Una mirada a la historia de la arquitectura devela a la arquitectura moderna como un movimiento que —además de presentar cambios en sus conceptos espaciales y estéticos— desarrolla también una adecuada respuesta al clima, donde la relación arquitectura y medio ambiente se modifica a través de la técnica. En la década de los cuarenta y cincuenta, los edificios desarrollados por el arquitecto franco-suizo Le Corbusier proponen una arquitectura en las que el tratamiento de fachadas deja ver la adaptación del edificio al clima, dispositivos como el *brise soleil* ('parasol' en castellano) develan una preocupación por el ambiente y el usuario que habita los espacios construidos. Hoy en día, estas técnicas de adaptación al clima siguen siendo utilizadas como estrategias bioclimáticas en la arquitectura, de allí la relevancia y pertinencia de brindar una apreciación sobre estos planteamientos y técnicas desarrolladas en su momento, en este caso analizar edificios puntuales de la arquitectura moderna de Medellín con el fin de explorar los aportes que algunos de estos entregaron a la arquitectura local en materia de estrategias bioclimáticas y que se ajusten a los estándares de confort en temas relacionados a la temperatura, iluminación y ventilación. Asimismo, es una oportunidad de validar también el aporte que trajo el movimiento moderno al contexto local y su interpretación por parte de los arquitectos que, en su momento, las implementaron en la arquitectura local y que a la fecha conservan su vigencia como una adecuada respuesta al clima en las actuales condiciones ambientales.

## METODOLOGÍA

Comprender la arquitectura moderna desde su adaptación a las condiciones climáticas requiere un abordaje tanto cualitativo como cuantitativo, sobre todo para poder construir un análisis deductivo comparativo que permita identificar las características más destacadas de adaptación al clima de la arquitectura moderna en Medellín implementadas por los arquitectos locales de ese momento. Para lograrlo, la metodología cualitativa se apoyó en información historiográfica de la arquitectura moderna, mientras que la cuantitativa hizo uso de simulaciones con modelos computacionales sobre los objetos arquitectónicos de estudio. Se desarrolló así una metodología mixta, con un enfoque hermenéutico, que explicó las relaciones existentes entre un hecho arquitectónico y el contexto en el que este sucede.

### Metodología cualitativa

#### Investigación documental

Se identificaron las posturas de la arquitectura moderna en Europa, especialmente aquellas que están asociadas a la relación arquitectura-clima, a partir de textos históricos como los emanados desde los CIAM, los cuales permitieron conocer algunos de los posibles principios o postulados de la arquitectura con respecto al clima y las estrategias proyectuales relacionadas con este. Con respecto a la arquitectura moderna en Colombia, se contó con literatura existente relacionada al tema para comprender cómo este movimiento fue adoptado por los arquitectos locales a partir de los modelos europeos que fueron sus referentes, y de esta forma identificar obras arquitectónicas que estén enmarcadas como modernas, específicamente en la ciudad de Medellín, las cuales son susceptibles de ser estudiadas y analizadas desde una perspectiva bioclimática asociada al confort térmico y visual.

## Estudio de caso

Teniendo en cuenta que el edificio de oficinas como tipología arquitectónica característica del movimiento moderno en Medellín introduce estrategias de adaptación al clima, se definieron tres criterios que permitieron la elección de una obra arquitectónica moderna para analizar sus estrategias de adaptación al clima. Los criterios que se tuvieron en cuenta son los siguientes:

- Edificio moderno de oficinas construido entre los años 1950 a 1970.
- Edificio cuyas fachadas estén expuestas al sol, al menos tres de ellas.
- Edificio cuyo diseño de fachadas utilice dispositivos de sombra como estrategia de adaptación al clima.

Bajo estos criterios se identificaron siete edificios en el centro urbano de la ciudad, de los cuales se escogió el edificio Seguros Bolívar (1959-1962) ubicado sobre la carrera 49 con calle 50 —Colombia— y diseñado por el arquitecto Jairo Restrepo Tisnes (ver Figura 1). El edificio se encuentra inmerso en edificaciones que, desde su tiempo de construcción hasta la fecha, han mostrado un cambio importante en la conformación del entorno inmediato producto del crecimiento de la ciudad especialmente en las décadas de los 60 y 70.

Respecto a los aspectos bioclimáticos, la orientación que presenta el edificio dispone sus fachadas principales al oriente y occidente, donde se presenta la mayor exposición a la radiación solar; por tanto, como estrategia de adaptación al clima, el edificio cuenta con una estructura reticular modulada que conforma estas fachadas a través de las cuales se realiza un control de los rayos solares. El módulo en concreto que define las estructuras reticulares, se diseñó con medidas estandarizadas (2,20m x 2,20m aproximadamente) para poder ser

utilizados en ambas fachadas del edificio, guardando diferencias con respecto a la distancia que estos tienen de la superficie vidriada de las ventanas de las oficinas, presentando la mayor distancia en la fachada occidental como una clara respuesta a la exposición de los rayos solares en poniente (ver Figura 2). El módulo, además de repetirse ordenadamente, se desarrolla cada uno independiente del otro; es decir, existe dilatación entre ellos y, a la vez, una separación con la fachada vidriada del edificio lo que permite circular el aire y dar mayor sombra a los espacios interiores.

**Figura 1**

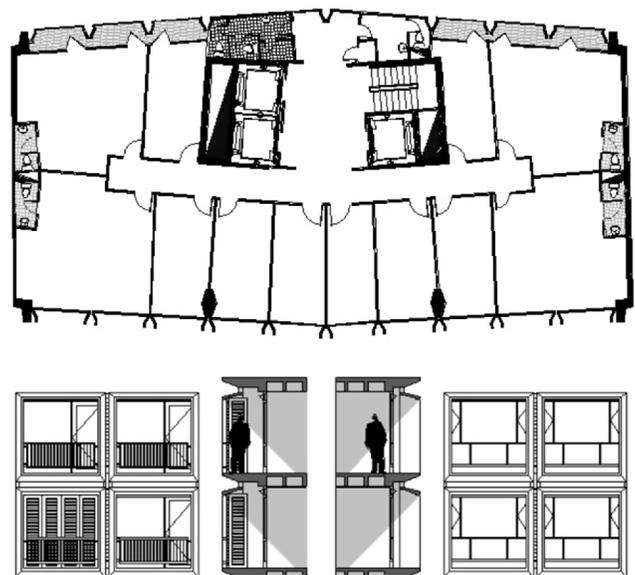
*Imagen exterior del edificio y localización general*



*Nota. Fuente Biblioteca Pública Piloto*

**Figura 2**

*Planta típica de oficinas. Distribución actual. Detalles de control solar en fachadas.*



## Metodología cuantitativa

### Datos climatológicos

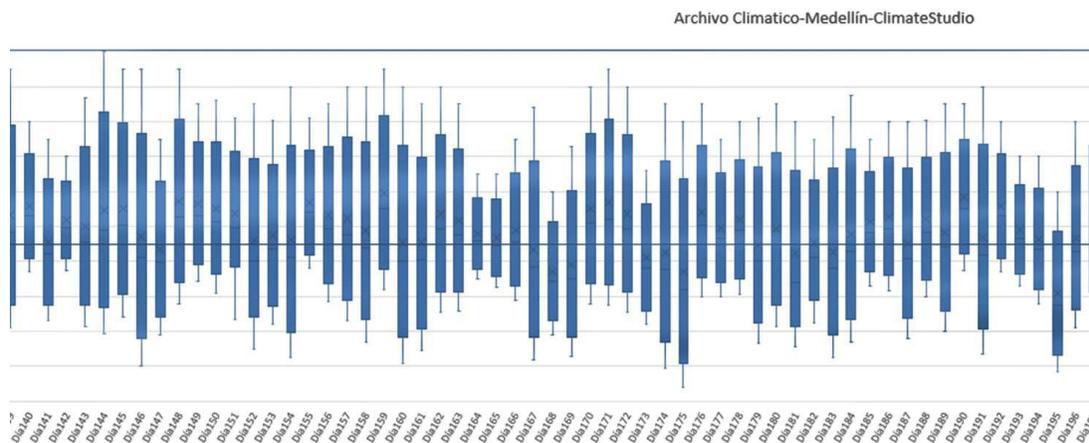
La información climatológica —los datos de temperatura, humedad, velocidad de viento que permitieron realizar las respectivas simulaciones— se obtuvieron de las estaciones meteorológicas del centro de la ciudad cercanas al edificio. De acuerdo con el sistema de alerta temprana del valle de Aburrá SIATA, el Distrito de Medellín cuenta con 22 estaciones meteorológicas, tres de las cuales se encuentran en el centro de la ciudad (estación SENA, estaciones AMVA) y son las de mayor proximidad a los edificios escogidos. No obstante, en la ciudad del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM encontramos la estación del Aeropuerto Olaya Herrera que —aunque se encuentre a mayor distancia de los casos de estudio (4 km. aproximadamente)— presenta datos en formato EPW (Energy Plus Weather) necesarios para la puesta en marcha de las simulaciones ambientales en el software seleccionado, por lo tanto, se toma como fuente de datos esta última estación. Si bien los archivos identificados para Medellín son de tipo TMY, se opta por simular, en primer lugar, con los datos climatológicos del año sintético que presenta las temperaturas extremas de menor rango en comparación con los demás. El archivo

seleccionado se utilizará para las primeras aproximaciones que nos indicarán las características ambientales de la ciudad de Medellín.

Para realizar las simulaciones de los escenarios ambientales 1960-1991 y 2011-2030 se utilizaron archivos TMY que representaran las condiciones ambientales de ambos períodos. Los archivos fueron construidos con el software Meteororm, cuya base de datos se basa en períodos de medición de 20 años, y representan un año promedio del período de tiempo climatológico; como tal, los resultados no representan un año histórico real, sino un año hipotético que estadísticamente representa un año típico, el método se basa en bases de datos y algoritmos acoplados según un esquema predeterminado. En este caso se procesaron los datos para identificar el escenario más extremo desde el punto de vista térmico. Se identificaron los límites superiores del escenario térmico más extremo y se procedió a realizar un análisis sistemático de la información en el ámbito anual con el fin de identificar el o los días del año que se ajustaran a los límites superiores del escenario térmico más extremo (desempeño diario), proceso realizado a través de los datos en Excel del archivo climático para identificar la fecha del escenario térmico más extremo (ver Figura 3).

**Figura 3**

*Temperaturas de bulbo seco agrupados por días del año sintético para la ciudad de Medellín*



Se aplicó un condicional sobre los datos en Excel de la información climática extraída en el procedimiento descrito en el párrafo anterior, y esto arrojó como resultado que tres de los datos de mayor valor registrados en el archivo climático se encuentran en el día 210 del año típico meteorológico del archivo analizado con el cual se realizaron las respectivas simulaciones.

## Simulaciones

Las simulaciones de carácter lumínico, térmico y de ventilación se realizaron a través de herramientas computacionales con las cuales se identificó el aporte de los dispositivos propuestos por los arquitectos para la adaptación del edificio al clima que inciden en el confort al interior de los espacios. Para el análisis ambiental se utilizó el software Climate Consultant, el cual evalúa el ambiente climático de un lugar a partir de datos climáticos locales en formato EPW (Energy Plus Weather) que, en este caso, corresponde al archivo de un año sintético de Medellín. Un segundo software utilizado fue el Climate Studio, que permitió evaluar el confort térmico y visual a partir de las métricas anuales UDI y DG relacionadas con la **iluminancia y deslumbramiento** respectivamente. El tercer software que se utilizó fue Autodesk CFD para analizar la velocidad y movimiento del aire al interior del edificio.

Las simulaciones de las condiciones ambientales (clima y entorno urbano) requirieron igualmente modelar la volumetría del entorno inmediato, así mismo la información del edificio relacionada con sus materiales, dimensiones de espacios, de ventanas, ocupación, rutinas de uso por parte de los usuarios, tipo de lámparas entre otras fueron necesarias para realizar las simulaciones que permitan analizar las condiciones de confort.

**Análisis térmico.** Las simulaciones utilizaron archivos meteorológicos TMY para los períodos representativos de 1961-1990 y del período 2011-2030, este último bajo un escenario del cambio climático. De estos archivos se identificó el escenario térmico más extremo correspondiente al día número 210 del año típico meteorológico analizado. El modelo del edificio consideró las preexistencias colindantes e igualmente se tuvo en cuenta las construcciones en altura del entorno pasado y presente que puedan afectar por sombra al edificio. Los parámetros de simulación incluyeron horario de ocupación, materialidad, porcentajes de área operable en ventanas. Los pisos a simular en las plantas típicas de oficinas corresponderán a un nivel bajo, uno medio y uno superior, los cuales se simulan en sus momentos de ocupación.

**Análisis lumínico.** El software utilizado presenta métricas que ayudaron a comprender la forma en que el edificio se adapta al clima en términos de soleamiento, así como el efecto que tiene la iluminación en los espacios de trabajo. Se requirieron parámetros de entrada para realizar las simulaciones, como las alturas del contexto urbano inmediato que puedan afectar por sombra al edificio. Las métricas a analizadas fueron las siguientes:

- La métrica sDA (Spatial Daylight Autonomy) hace referencia a Autonomía espacial de la luz diurna. Esta se mide por el porcentaje de la superficie de piso ocupada regularmente que está iluminada por el día. Las ubicaciones con luz diurna son aquellas que alcanzan los niveles de iluminación objetivo (300 lux) utilizando solo la luz del día durante al menos el 50 % de las horas ocupadas.
- La métrica UDI (Useful Daylight Illuminance) hace referencia a la Iluminancia de luz diurna útil. Esta métrica informa con qué frecuencia los

niveles de luz diurna caen en los siguientes cuatro contenedores:

- Fallando (UDI\_f): Menos de 100 lux.  
Suplementario (UDI\_s): Entre 100 y 300 lux.
- Autónomo (UDI\_a): Entre 300 y 3000 lux.
- Excesivo (UDI\_e): Más de 3000 lux.

Deslumbramiento perturbador espacial (sDG): corresponde al porcentaje de vistas en el área del piso ocupada regularmente que experimentan un deslumbramiento perturbador o intolerable ( $DGP > 38\%$ ) durante al menos el 5 % de las horas ocupadas. El cálculo se basa en valores de DGP por hora para ocho direcciones de visión diferentes en cada posición del edificio. La altura de visión predeterminada es de 1,2 metros desde el piso terminado (altura de los ojos para un observador sentado).

**Análisis de ventilación.** Para realizar las simulaciones de flujo de viento al interior del edificio, se consultó la información de dirección y velocidad de viento del año inmediatamente anterior (2021) de la estación AMVA (202) del SIATA (seleccionada por su cercanía al área de estudio) a través de la cual se determinó una velocidad anual promedio de 1.52 m/s y un ángulo de incidencia promedio de 172.2 grados. Es importante destacar que en un inicio se optó por usar la moda (dato más repetido) que arrojó una velocidad de 0.7 m/s y un ángulo de incidencia de 352 grados, los cuales fueron descartados dado que no constituían más del 2% del total de los datos, por lo que no se consideraron representativos.

Una vez que se definió el modelo y se importó al software, se construyó un volumen a modo de túnel de viento que cumplía con la inclinación de 172 grados para garantizar el acceso del viento conforme a las características

climáticas de la zona, y se asignaron condiciones de velocidad y presión en caras opuestas del túnel de viento. Por último, se procedió a simular con base a un promedio de 100 interacciones con evaluaciones del viento a una altura de 1.5 m en cada una de las 3 plantas seleccionadas para el caso de estudio. Finalmente, se modificaron los rangos de los resultados de la siguiente manera:

- Rango inicial de 0 m/s a 1.52 m/s para identificar la disminución de la velocidad de viento al interior de la edificación.
- Rango intermedio de 0 m/s a 1 m/s para determinar el desempeño de la edificación con un valor considerado estándar.
- Rango Bajo de 0 m/s a 0.7 m/s para determinar las áreas de oficina susceptibles al levantamiento de hojas, el cual se produce por encima de 0,6m/s, valor de referencia que empieza a causar molestias en ambientes de trabajo.

## RESULTADOS

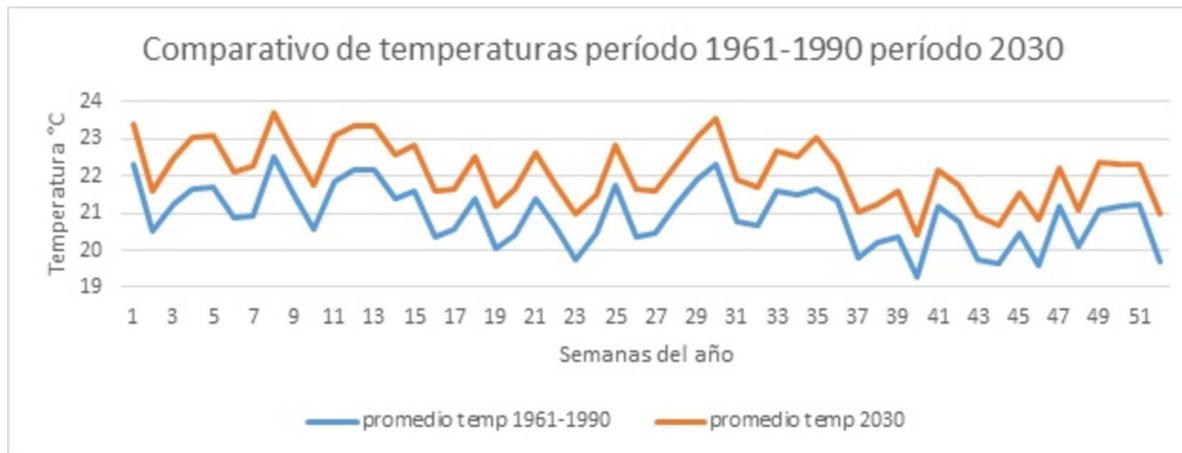
### Clima urbano

Las condiciones ambientales simuladas a partir de los archivos climáticos TMY generaron gráficos comparativos de temperatura, zonas de confort para cada escenario, así como los climogramas de Givoni y gráficos de ventilación que permitieron una caracterización del clima urbano.

El comparativo de temperatura de los dos períodos simulados permite ver una clara diferencia entre las condiciones ambientales de ambos períodos como consecuencia del cambio climático (ver Figura 4). Se aprecia una diferencia promedio de 1,1 °C correspondiéndose con el aumento de temperatura mencionado por IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019).

**Figura 4**

Comparativa de temperaturas promedio de escenarios propuestos de simulación



En el caso de la humedad relativa, se apreciaron cambios en la ocurrencia del fenómeno en el tiempo, con algunas diferencias importantes como en las semanas 7, 17, 23, 35 y 40. En general, en el escenario 2030, la humedad relativa aumenta, lo que necesariamente afecta el confort de los espacios interiores.

Los climogramas de Givoni obtenidos a partir del software Climate Consultant, permitieron observar zonas de confort semejantes. Para el escenario 1961-1990 se tiene un rango entre los 21,79 °C y los 26,79 °C; mientras que para el escenario 2011-2030 la zona de confort muestra un rango entre los 22,14 °C y los 27,14 °C apreciándose un aumento de temperatura como consecuencia del cambio climático.

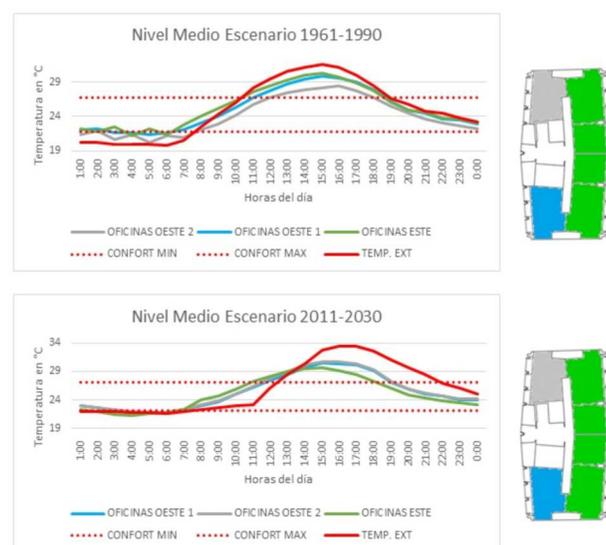
### Simulaciones térmicas

Para el escenario 2030 se pudieron encontrar diferencias de 2 °C a 4 °C entre las temperaturas internas respecto a las exteriores. Se puede apreciar también que, entre las 6:30 y 10:00 de la mañana, los espacios se encuentran en la zona de confort, las zonas de mayor temperatura corresponden a las ubicadas en el costado oriental ya que reciben el poniente. Los espacios que presentan mayor tiempo fuera de

la zona de confort corresponden a la zona noroeste y suroeste. Estos espacios en el edificio están expuestos en el costado sur y occidental a la radiación directa en horas de la tarde. Las temperaturas operativas en el escenario 1961-1990 están entre los 28 °C y 29 °C, mientras que el escenario 2030 se ubican en los 30 °C (ver

**Figura 5**

Comparativa de temperaturas nivel medio original vs nivel medio actual



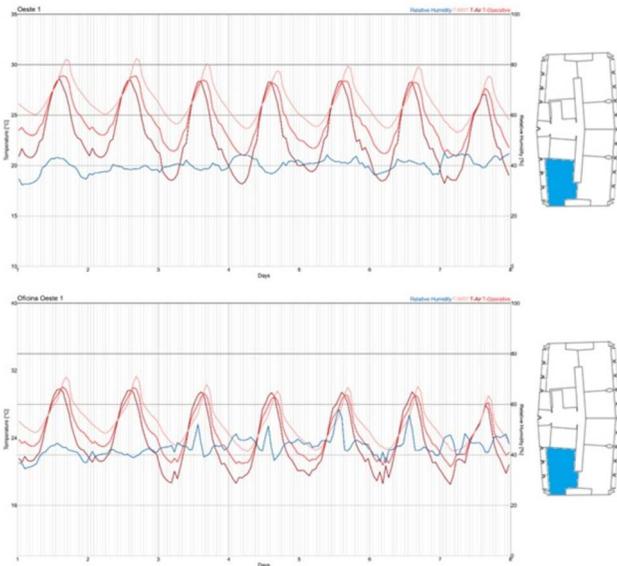
### Humedad relativa

La humedad relativa en el escenario 2030 estimula condiciones de no confort en los

espacios en general a diferencia de las condiciones 1961-1990 que dejan ver una clara diferencia en la humedad relativa (ver Figura 6).

**Figura 6**

*Comparativa de temperatura del aire, temperatura operativa, temperatura radiante y humedad relativa en oficina suroeste (color azul). Superior escenario original. Inferior escenario 2030*



**Simulaciones lumínicas**

Métrica sDA (autonomía espacial de luz diurna). Se observó una diferencia entre los escenarios simulados, una reducción de las métricas en el escenario 2011-2030, producto de las modificaciones que se han realizado en edificio. El área ocupada cuenta con iluminación natural durante al menos 4 horas (10:30 a.m. - 3:00 p.m.) de una jornada laboral (ver Figura 7).

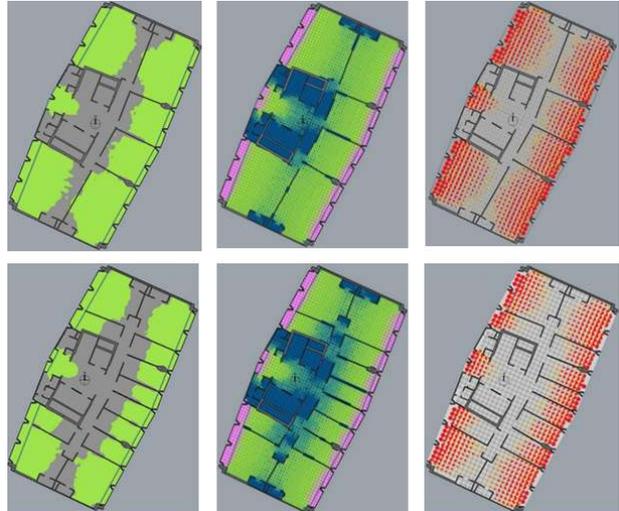
Métrica UDI (iluminancia de luz diurna útil). Al igual que la métrica anterior, se observó una diferencia entre los escenarios simulados, una reducción de la métrica en el escenario 2011-2030, producto de las modificaciones que se han realizado en edificio (ver Figura 7).

Métrica sDG (deslumbramiento perturbador espacial). Se observó igualmente

una reducción en la métrica para el escenario 2011-2030 (ver Figura 7).

**Figura 7**

*Simulaciones lumínicas piso medio. Columna izquierda métrica sDA, columna central métrica UDI, columna derecha métrica sDG*



La Tabla 1 muestra los resultados de las métricas en los escenarios propuestos dejando ver notables diferencias en los niveles simulados.

**Tabla 1**

*Comparativa de métricas de iluminación*

Nivel simulado	Escenario 1961-1990			Escenario 2011-2030		
	Métrica sDA	Métrica UDI	Métrica sDG	Métrica sDA	Métrica UDI	Métrica sDG
Bajo	51,5%	49,3%	22,8%	36,8%	30,5%	16,6%
Medio	51,1%	46,6%	24,9%	37,9%	36,5%	22,0%
Alto	60,7%	37,1%	26,3%	29,0%	36,2%	32,3%

**Simulaciones de ventilación**

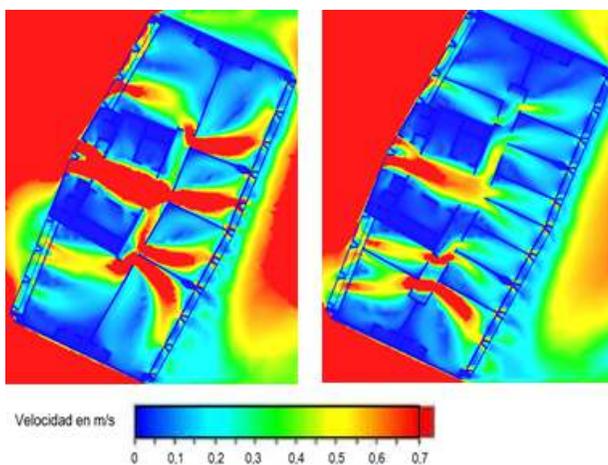
Los diagramas permiten observar, en primer lugar, el ingreso de las corrientes de aire desde un costado suroccidental a través del hall de ascensores y oficinas del costado occidental para luego distribuirse en los espacios de oficinas del costado oriental. En su estado original, el edificio presenta divisiones en las que se aprecian corrientes de aire de mayor velocidad que las que se aprecian en el edificio

de hoy día; esto debido, principalmente, a las nuevas divisiones que actualmente presenta el edificio y que permiten reducir adecuadamente la velocidad del aire al interior de los espacios.

Los pisos medios de ambos diagramas presentan cambios —aunque no tan significativos en las velocidades del aire al interior de las oficinas—, y sus diferencias se presentan en las superficies exteriores del edificio donde las mayores velocidades se tienen en el costado occidental y se corresponden con la dirección de origen del viento. Estas diferencias generan sombras eólicas en la medida que aumenta la altura del edificio.

### Figura 8

Simulación de ventilación piso medio. Izquierda escenario 1961-1990, derecha escenario 2011-2030



## DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales en las que se halla el edificio caso de estudio deja ver diferencias importantes desde el tiempo en que fueron construidos hasta el día de hoy, el crecimiento de la ciudad y sus desarrollos en altura han propiciado cambios que de alguna forma afectan factores del ambiente del contexto urbano inmediato que inciden en las construcciones.

En el edificio Seguros Bolívar, las condiciones de su entorno urbano en el sector

occidental presentaron varios desarrollos que, aunque no todos se encuentran en la misma manzana, afectan las corrientes de viento que llegan al edificio desde occidente. Los desarrollos en altura en el costado occidental corresponden a los edificios Colpatria, Banco Popular, Banco de La República y edificio del Café que de alguna forma afectan las corrientes de viento y por ende la ventilación del edificio.

Respecto a su estrategia de adaptación al clima, el edificio Seguros Bolívar propuso un *brise-soleil* el cual, junto con la estructura, se configura como una unidad constructiva en concreto desarrollada in situ, ofreciendo protección solar a los espacios interiores y a su vez permitiendo la ventilación natural en este.

La modulación propuesta en este brise-soleil hace el control solar necesario de la radiación directa sobre las fachadas acristalada y evita el aumento de temperatura al interior, pero permite el ingreso horizontal de la luz para que se den condiciones adecuadas de iluminancia necesarias para las actividades de trabajo en oficina.

Por otra parte, el concreto, como uno de los materiales característico del movimiento moderno, ofrece, en este caso, ventajas para el confort higrotérmico debido a su inercia térmica; pero a su vez, como material plástico, permite la configuración formal del brise-soleil en el cual se pueden ver detalles importantes como la dilatación entre cada uno de sus módulos que, sumado a la separación que se tiene de las superficies acristaladas, hacen que este dispositivo de sombra trabaje como un difusor de calor el cual aprovecha estas dilataciones y separación para ser enfriado por las corrientes de viento que llegan al edificio aportando de esta forma al confort higrotérmico en las oficinas.

La proporción en planta 1:2 que presenta el edificio junto con el sistema de puertas y

ventanas operables ofrecen una ventilación cruzada que no genera largos recorridos de las corrientes de viento que atraviesan el edificio, lo cual facilita la fluidez del aire y aporta al confort higrotérmico. Desde lo urbano, el nivel bajo de las oficinas permitió ver cómo un grupo de construcciones en su entorno inmediato, que son el resultado del crecimiento de la ciudad, dejan ver alteraciones en las corrientes de viento que llegan al edificio. Sin embargo, a pesar de estas transformaciones, las corrientes de viento al interior del edificio siguen siendo aceptables para la realización de las actividades de oficina.

## CONCLUSIONES

Las características ambientales de la ciudad de Medellín, así como las de muchas otras ciudades, han cambiado como consecuencia de su crecimiento, desarrollos en altura, densificación del centro urbano, el fenómeno isla de calor y el cambio climático. Estas condiciones han modificado el ambiente, especialmente la temperatura e iluminación natural, y afectan, por tanto, el confort interior de las edificaciones que se encuentran en el centro urbano, en este caso de la ciudad de Medellín.

Bajo este panorama, la identificación y el análisis del edificio moderno en la ciudad —que por sus estrategias de adaptación al clima fue evaluado en sus aspectos térmicos, lumínicos y de ventilación— develaron la importancia que tuvo el movimiento moderno para la arquitectura local en términos no solo estéticos, sino técnicos, específicamente en el control de la luz solar a través del diseño formal de la envolvente como una estrategia de adaptación al clima. En ese sentido, se pudo apreciar el trabajo riguroso realizado por el arquitecto en el edificio Seguros Bolívar. El caso estudiado implementó el *brise-soleil*, así como también planos completamente cerrados como estrategia de control solar; la ubicación de estos

dispositivos con respecto a la trayectoria solar sobre los edificios y las simulaciones computacionales realizadas en un escenario futuro permiten hacer las siguientes apreciaciones:

1. Hay un claro conocimiento en cuanto al tema de la mecánica solar con el cual se puede apreciar el cálculo de los dispositivos de sombra, el *brise-soleil* está ubicado en las fachadas oriental y occidental donde la incidencia del sol es mayor, develando una postura clara y consciente por parte del arquitecto con respecto al ambiente.
2. Respecto al confort higrotérmico, los resultados de las simulaciones develan que el edificio presenta temperaturas operativas inferiores a la temperatura exterior —al menos durante el 50 % de un horario laboral se encuentran dentro de la zona de confort— sin embargo, estos resultados son el producto de un diseño riguroso de los dispositivos de sombra en las fachadas oriental y occidental.
3. El confort visual expuso igualmente una adecuada iluminancia acorde con la norma local vigente RETILAP para las actividades de oficina con una distribución espacial suficiente como para reducir el uso de iluminación eléctrica durante cierta cantidad de horas, sin embargo, el desarrollo de altura que ha tenido la ciudad en el contexto urbano inmediato del edificio también ha afectado la iluminancia con respecto a las condiciones iniciales en las que fue construido. Con respecto al deslumbramiento, el edificio responde adecuadamente.
4. En términos de ventilación, de nuevo se aprecia una adecuada respuesta en el diseño de la envolvente. La disposición de los *brise-soleil* en las fachadas oriental y occidental están acorde con la dirección de los vientos y, sumados al sistema de ventanas operables, permiten una adecuada ventilación cruzada lo cual favorece el confort higrotérmico en oficinas

sin la necesidad de sistemas de aire acondicionado. La mayoría de las oficinas no experimentan velocidades superiores a los 0,3 m/s lo que facilita las renovaciones de aire y evita inconformidad para los usuarios, pues velocidades superiores a los 0,3 m/s ocasionan levantamiento de hojas de papel.

5. Las modificaciones que se han realizado en el edificio en el transcurso del tiempo dejan ver leves efectos sobre las variables relacionadas con el confort, sin embargo, a pesar de estas transformaciones, prevalece el adecuado diseño de los dispositivos de sombra garantizando el confort, a pesar de los cambios ambientales producto del cambio climático.

El caso de estudio analizado, a pesar de que no fue desarrollado bajo los actuales conceptos de sostenibilidad, eficiencia energética y la actual conciencia ambiental, sino bajo los que correspondieron a su época, permite establecer relaciones importantes entre la arquitectura moderna y la contemporánea, particularmente en temas relacionados con el confort térmico, control de la luz solar y la ventilación natural, y deja ver la importancia de la comprensión de los conceptos que, en su momento, fueron utilizados en el diseño de las estrategias de adaptación al clima del edificio moderno y sirven también de base para realizar intervenciones más acertadas en el patrimonio arquitectónico moderno de la ciudad de Medellín que puedan estar en concordancia con los actuales conceptos y condiciones ambientales.

Es claro que la postura de los arquitectos locales frente al clima permite inferir que los planteamientos arquitectónicos, en el caso analizado, son el resultado de un proceso consciente del papel que cumple la envolvente como un dispositivo de sombra para adaptar el edificio al clima tropical, y no como un proceso aleatorio en el que se apoya la composición estética de las envolventes. El *brise-soleil*

identificado en el edificio también deja ver que, aparte de ser un dispositivo técnico, plantea una pared gruesa, permeable y habitable evidenciada en la fachada occidental del edificio y que ayuda a confirmar la correcta comprensión y aplicación por los arquitectos locales del legado que desarrolló Le Corbusier; pues su implementación, de acuerdo con las simulaciones, demostró tener un efecto térmico favorable que reduce las temperaturas internas en comparación con las temperaturas del ambiente exterior, convirtiéndolo en un dispositivo de amortiguación térmica y lumínica.

Con las actuales condiciones ambientales es importante analizar objetivamente el patrimonio arquitectónico moderno que tiene la ciudad de Medellín, pues en los orígenes planteados por el movimiento moderno, denota una arquitectura que guarda estrecha relación con el medio ambiente y el hombre que por tanto puede ser considerada sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE. (2010). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, USA.

Barber., D. A. (2020). *Modern architecture and climate: design before air conditioning*. New Jersey: Princeton University Press.

Barranco Arévalo, O. (2015). *La arquitectura bioclimática*. Módulo arquitectura CUC, 31-40.

Cristina Vélez Ortiz, D. L. (2010). *Arquitectura moderna en Medellín 1947-1970*. Medellín.

Drury B. Crawley, L. K. (2015). *Rethinking The TMY: Is The 'Typical' Meteorological Year Best for Building Performance Simulation?* 14th Conference of International Building Performance Simulation Association, (pp. 2255-2662). Hyderabad, India.

- Esteban, A. (2016). *La arquitectura Moderna en Latinoamérica*. Antología de autores, obras y textos. Reverté.
- IDEAM. (2012). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 - 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Calentamiento global de 1,5°C. Ginebra, Suiza.
- J. Yamin, A. P. (2020). *Confort visual en oficinas, factor temporal en la evaluación de deslumbramiento*. Informes de la Construcción.
- Lizarazo, F. H. (2021). *Memoria Arquitectónica y Bioclimatismo*. Barcelona, España.
- Luis F. Restrepo, C. P. (2019). *Cambio climático en la ciudad de Medellín – Colombia, en un periodo de cincuenta años (1960-2010)*. DYNA, 312-318.
- M., A. E. (2016). *La Arquitectura Moderna en Latinoamérica*. Reverté.
- Mayorga, M. P. (2006). *Colombia arquitectura moderna*. Ediciones ETSAB.
- Neila, J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería.
- OIT, O. (2019). Trabajar en un planeta más caliente. El impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente. Unidad de Producción de Publicaciones de la OIT.
- Organización Mundial Meteorológica. (2020). Declaración de la OMM sobre el estado del clima global 2019. WMO Publications.
- Parareda, G. Y. (2008). *Arquitectura Solar e iluminación natural*. Madrid, España: Munilla-Lería.
- Pattini, A. &. (2022). *Confort visual en espacios interiores iluminados con luz natural en climas soleados. Modelos teóricos y valoraciones subjetivas*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA), 17-23.
- PROA. (1966). *Edificio "Seguros Bolívar", Medellín*. Revista PROA, 22-27.
- Requena, I. (2011). *Arquitectura adaptada al clima en el movimiento moderno: Le Corbusier (1930-1960)*. Alicante, España.
- Requena, I. (2014). *Experiments on Thermal Comfort and Modern Architecture: The Contributions of André Missenard and Le Corbusier*. European Architectural history network, 650-663.
- Requena, I. (2015). *Construcciones ambientales para el hábitat moderno: Le Corbusier y André Missenard (1937-57)*. Le Corbusier, 50 years later, (pp. 1-14). Valencia.
- Requena, I. (2016). *Construyendo climas artificiales. Control térmico y confort en la arquitectura moderna (1930-1960)*. Ambientes, 1-21.
- Sánchez Rodríguez, R. (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático en américa latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Serra, R. &. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Gustavo Gili, S.A.
- Silvia Morel Correa, R. A. (2016). *El Brise-Soleil o la doble fachada de Le Corbusier*. Arquisur Revista, 108-123.
- Soto-Estrada, E. (2019). *Estimación de la isla de calor urbana en Medellín, Colombia*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 421-434.
- Yáñez, G. (2008). *Arquitectura solar e iluminación natural*. Munilla-Lería.