**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID**

**CONFORT TÉRMICO EN OFICINAS NATURALMENTE VENTILADAS UBICADAS
EN ZONAS TROPICALES FRÍAS (BOGOTÁ, COLOMBIA)**

TESIS DOCTORAL

ANDRÉS MAURICIO GARCÍA TRUJILLO
Ingeniero Civil, M.S. Eco Materiales y Construcción Sostenible

2020

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID**

**CONFORT TÉRMICO EN OFICINAS NATURALMENTE VENTILADAS UBICADAS
EN ZONAS TROPICALES FRÍAS (BOGOTÁ, COLOMBIA)**

TESIS DOCTORAL

ANDRÉS MAURICIO GARCÍA TRUJILLO
Ingeniero Civil, M.S. Eco Materiales y Construcción Sostenible

Directores de Tesis:

DR. FRANCESCA OLIVIERI
DR. ENRIQUE LARRUMBIDE GÓMEZ-RUBIERA

2020

Tribunal nombrado por el Sr. Rector Magfco. de la Universidad Politécnica de Madrid, el día.....de.....de 2020

Presidente: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día..... de..... de 2020 , en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Calificación:

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de una u otra forma han hecho posible la realización de esta tesis Doctoral.

A mis directores de tesis Francesca Olivieri y Enrique Larrumbide Gómez-Rubiera, por el apoyo, orientación y asesoramiento en todas las etapas del desarrollo de la tesis.

A mi amada esposa Laura León, por el apoyo incondicional y la motivación durante todo este tiempo.

A mi hija Valeria García León, por darme la fuerza y motivación para terminar la redacción de la tesis Doctoral.

A mi madre Luz Dary Trujillo y a mi hermano, Gabriel García, por apoyarme e incentivarme a realizar esta investigación.

A la arquitecta Paula Ávila, por el apoyo en la realización del trabajo de campo.

A los diferentes profesionales, trabajadores y empresas que participaron en el trabajo de campo y permitieron la realización de mediciones y encuestas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivos	13
1.2. Hipótesis	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Metodología	16
2. ESTADO DE LA CUESTION	18
2.1. Confort térmico	20
2.2. Variables en el confort térmico	22
2.3. Estándares internacionales	27
2.4. Enfoque racional y adaptativo del confort térmico	29
2.4.1. Enfoque racional:.....	31
2.4.2. Enfoque adaptativo:.....	32
2.5. Reglamentación del confort térmico en Colombia	36
2.6. Estudio del confort térmico en zonas tropicales.....	37
3. CASO DE ESTUDIO - BOGOTÁ	39
4. FASE EXPERIMENTAL	46
4.1. Espacios analizados	46
4.1.1. Horarios de trabajo	50
4.1.2. Densidad de ocupación.....	50
4.1.3. Metabolismo	51
4.1.4. Aislamiento de ropa (Clo).....	51
4.2. Características arquitectónicas espacios analizados	52
4.2.1. Características interiores.....	52
4.2.2. Características exteriores.....	64
4.3. Recolección de datos	68
4.4. Instrumentación	70
4.5. Encuestas	73
5. RESULTADOS.....	78
5.1. Mediciones y encuestas por oficina	78
5.1.1. Oficina Ladrillera Santa Fe.....	78

5.1.2.	Oficina Setri Sustentabilidad	86
5.1.3.	Oficina GBC Group.....	94
5.1.4.	Oficina Amarilo	102
5.1.5.	Oficina Prodesa	124
5.1.6.	Oficina AIA	133
5.1.7.	Oficina Arpro.....	141
5.1.8.	Oficina Ministerio del Interior	149
5.2.	Caracterización personas encuestadas	158
5.2.1.	Edad.....	158
5.2.2.	Género	159
5.2.3.	Peso.....	160
5.2.4.	Estatura.....	161
5.2.5.	Tiempo de residencia en Bogotá	161
5.2.6.	Duración en el puesto de trabajo actual	161
5.2.7.	Horario de trabajo.....	161
5.2.8.	Aislamiento de ropa.....	162
5.3.	Datos climáticos.....	163
5.3.1.	Datos climáticos exteriores	163
5.3.2.	Datos climáticos interiores	164
5.4.	Encuestas	169
5.4.1.	Encuestas iniciales	169
5.4.2.	Encuestas de seguimiento	174
5.5.	Relación entre votos de confort térmico y características de personas encuestadas.....	177
5.5.1.	Percepción térmica.....	177
5.5.2.	Preferencia térmica	182
5.5.3.	Sensación térmica	185
5.5.4.	Aceptación térmica	189
5.6.	Relación entre datos climáticos y votos de confort térmico.....	192
5.6.1.	Relación entre datos climáticos exteriores y percepción térmica	192
5.6.2.	Relación entre datos climáticos interiores y percepción térmica.....	194
5.6.3.	Relación entre datos climáticos exteriores y preferencia térmica	197
5.6.4.	Relación entre datos climáticos interiores y preferencia térmica	199
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	204
6.1.	Datos climáticos exteriores.....	204
6.2.	Datos climáticos interiores.....	204
6.3.	Relación entre datos climáticos exteriores e interiores.....	205
6.4.	Sensación y percepción térmica.....	206

6.5.	Preferencia térmica.....	208
6.6.	Aceptación térmica	209
6.7.	Votos de percepción térmica y temperatura operativa	210
6.8.	Modelo adaptativo de confort térmico	212
6.9.	Comparación con otros modelos de confort térmico adaptativo	214
6.10.	Temperatura de confort térmico	215
6.11.	Relación entre las variables interiores y la temperatura de confort térmico.	217
7.	CONCLUSIONES.....	221
8.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	223
9.	DIFUSIÓN DE RESULTADOS	224
	INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	225
	BIBLIOGRAFIA.....	234

RESUMEN

Esta tesis estudió el confort térmico en zonas tropicales húmedas y frías, particularmente en oficinas con ventilación natural ubicadas en la ciudad de Bogotá, Colombia.

El confort térmico ha sido objeto de estudio durante más de un siglo. Como resultado, se han generado avances significativos, que han llevado al establecimiento de estándares y directrices para entornos térmicos dentro de las edificaciones. Estos indicadores han definido mecanismos para la evaluación y medición del confort térmico, sin embargo, se han desarrollado para zonas específicas, entre las cuales no se encuentran las zonas climáticas tropicales húmedas frías, como es el caso de Bogotá, Colombia. En ausencia de regulaciones de confort térmico en estas áreas, actualmente se aplican varios estándares de confort térmico que podrían ignorar las condiciones locales.

En esta tesis se analizaron ocho oficinas ubicadas en diferentes sectores de Bogotá durante aproximadamente tres meses, encuestando a 72 personas y realizando 791 encuestas. Los resultados de esta investigación mostraron que para una aceptación térmica de 96,58%, y de acuerdo con el método de Griffiths, la temperatura operativa de confort térmico para las oficinas analizadas es de 23,47°C.

Los resultados obtenidos difieren de los modelos estáticos y/o adaptativos, como los recomendados por ASHRAE 55, los cuales establecen rangos más bajos. El cumplimiento de estos últimos en ciudades como Bogotá podría llegar a incrementar el consumo de energía. Más aún si se tiene cuenta que el confort térmico (ajustado a las condiciones del entorno) podría obtenerse por medio del diseño pasivo.

ABSTRACT

In the course of this thesis, thermal comfort in cold and humid tropical areas was analyzed, focusing on naturally ventilated offices located in Bogotá, Colombia.

Thermal comfort has been studied for more than a century. As a result, significant advances have been achieved, leading to the establishment of standards and guidelines for thermal environments within buildings. These indicators have defined mechanisms for the evaluation and measurement of thermal comfort, however, they have been developed for specific areas, among which are not the cold humid tropical climate zones, as is the case of Bogota, Colombia. In the absence of thermal comfort regulations in these areas, various thermal comfort standards are currently applied but these may ignore local conditions.

In this study, eight offices located in different sectors of Bogotá were analyzed over approximately three months, surveying 72 people and conducting 791 surveys. The results of this research showed that for a thermal acceptance of 96,58%, and according to the Griffiths method, the operating comfort temperature for the offices analyzed is 23,47°C.

The results obtained differ from the static and/or adaptive models, such as those recommended by ASHRAE 55, which establish lower ranges. Compliance with these international indicators in cities such as Bogotá could increase energy consumption. Especially since comfort (defined under the right conditions) could be obtained through passive design.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación del confort térmico se logra por medio de la aplicación de indicadores. Indicadores, que independiente del autor, están todos basados en la medición de factores ambientales y personales¹ en relación con la sensación de confort térmico capturada en el espacio. De ahí que resulte imposible que un solo indicador, o un conjunto de estos, puedan garantizar una efectiva medición del confort térmico en todas las zonas climáticas.

Estudios realizados por Nicol (J. F. Nicol, 2004), Webb (Webb, 1959), M.R Sharma (Sharma & Ali, 1986), Busch (Busch, 1992) y Humphreys (Humphreys, 1976) han demostrado que en países tropicales los estándares internacionales (racionales) presentan imprecisiones, principalmente en espacios naturalmente ventilados. A la espera de proveer un panorama más certero en cada contexto, el estudio del confort térmico se ha volcado hacia el desarrollo de modelos adaptativos ajustados a cada sitio.

Bogotá, capital de Colombia, ubicada a 2.640 metros sobre el nivel del mar en una zona tropical, presenta condiciones significativamente disímiles a otras zonas en donde han surgido los estándares internacionales y donde se han desarrollado modelos adaptativos. Bogotá al ser el centro económico más importante de Colombia y por tanto, zona en donde se construyen más edificaciones al año (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017), requiere imperativamente definir y establecer las condiciones de confort térmico al interior de los espacios. Principalmente, en las edificaciones en donde se consume más energía en la ciudad, donde habita parte importante del sector comercial y donde se están desincentivando las estrategias de ventilación natural; las oficinas.

Actualmente, en Colombia y específicamente en Bogotá; no hay un juicio claro y certero sobre qué indicadores de confort térmico se debe emplear y cuál de estos describe mejor el comportamiento de los espacios, específicamente de los que se acondicionan

¹ Como por ejemplo; la temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire, humedad del aire, aislamiento de ropa y calor metabólico, entre otros.(ASHRAE, 2009)

naturalmente, que son la gran mayoría. Adicionalmente la normatividad de confort térmico en Colombia es muy deficiente por no decir inexistente.

1.1. Objetivos

El objetivo de este estudio es entender el comportamiento del confort térmico en espacios de oficinas naturalmente ventiladas ubicadas en Bogotá, para identificar o proponer un indicador de confort térmico que se ajuste a las necesidades térmicas de los espacios.

El objetivo se logró por medio del desarrollo de los siguientes 4 objetivos específicos:

1. Interpretar las condiciones meteorológicas de las oficinas con ventilación natural en Bogotá. Desarrollado en el capítulo 5 de Resultados, específicamente en los subcapítulos: 5.1 Mediciones y Encuestas por oficinas, 5.3 Datos climáticos y 5.6 Relación entre datos climáticos y votos de confort térmico.
2. Analizar las condiciones de confort térmico en oficinas con ventilación natural ubicadas en Bogotá. Desarrollado en el capítulo 5 de Resultados, específicamente en los subcapítulos: 5.1 Mediciones y Encuestas por oficinas, 5.3 Datos climáticos, 5.5 Relación entre votos de confort térmico y características de personas encuestadas y 5.6 Relación entre datos climáticos y votos de confort térmico. Así como también en el capítulo 6 Análisis de resultados y Discusión, específicamente en los subcapítulos 6.4 al 6.7.
3. Desarrollar un modelo de confort térmico adaptativo que describa las condiciones de las oficinas analizadas. Desarrollado en el capítulo 6 Análisis de resultados y discusión, específicamente en el subcapítulo 6.8 Modelo adaptativo de confort térmico.
4. Comparar los resultados obtenidos del modelo propuesto, en relación con los modelos o estándares internacionales comúnmente utilizados. Desarrollado en el capítulo 6 Análisis de resultados y discusión, específicamente en el

subcapítulo 6.9 Comparación con otros modelos de confort térmico adaptativo.

1.2. Hipótesis

Frente a los objetivos propuestos esta investigación plantea la siguiente hipótesis:

- Los indicadores de confort térmico existentes no son aplicables a los edificios de oficinas que se ventilan naturalmente y que están ubicados en zonas tropicales frías puesto que exigen temperaturas operativas menores a las esperadas por los ocupantes, por tal razón es necesario desarrollar un indicador de confort térmico ajustado a estos escenarios.

1.3. Justificación

En primera medida, esta investigación está justificada en los esfuerzos que desde Sócrates y Vitruvio se han realizado para garantizar el confort térmico, todos encaminados en proveer entornos saludables que contribuyan a la calidad de vida de los ocupantes. Este se espera sea un derecho asequible para toda la población sin limitaciones geográficas o políticas. Por ende esta investigación pretende desarrollarse en la ciudad de Bogotá, área desatendida por el estudio y reglamentación en temas de confort térmico. En ausencia de estudios y/o juicios claros referentes al confort térmico, la implementación efectiva de estrategias de ventilación pasiva (esenciales para la concepción de edificaciones sostenibles), se limita. Por lo que este trabajo resulta prioritario.

Bogotá al concentrar el mayor porcentaje de desarrollo de construcciones nuevas en el país, con un 19,5% en el año 2016 (Ilustración 1) y ser el lugar de residencia de más de 7,5 millones de habitantes, genera fuertes impactos ambientales asociados al consumo energético (IDEAM, 2012). Estos impactos podrían llegar a ser reducidos tras una efectiva implementación de modelos de confort térmico que desmientan la necesidad de hacer uso de equipos mecánicos para proveer zonas de confort térmico. Fundamentalmente, en las edificaciones de oficinas, las cuales representan el 7,6% de la construcción nueva en Colombia para el año 2016 (Ilustración 2) y uno de los sectores

con mayor interés en la adquisición de certificaciones ambientales como LEED (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016).

Ilustración 1. Distribución de las áreas en proceso de construcción por ciudad en el 2016.
Fuente: DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.

Ilustración 2. Distribución de las áreas en proceso de construcción por ciudad en el 2016.
Fuente: DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.

Motivados por las certificaciones internacionales, los proyectos arquitectónicos en este sector están inclinándose al uso de sistemas de aire acondicionado para garantizar condiciones de confort térmico, inclusive en ciudades como Bogotá con temperaturas del aire exterior relativamente bajas. Lo anterior, puesto que los mencionados estándares, al haber sido desarrollados en otras regiones, sugieren temperaturas operativas aparentemente mucho menores a las aceptadas por los ocupantes de las oficinas.

Así entonces, esta investigación está justificada en los siguientes puntos; 1) contribución al estado del arte en zonas desatendidas como las zonas tropicales húmedas frías, 2) provisión de espacios saludables y confortables para los ocupantes de las oficinas ventiladas naturalmente ubicadas en la ciudad de Bogotá, 3) reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un sector de alto impacto a través de la reducción de consumos de aire acondicionado y 4) apoyo a la construcción de códigos y normas de construcción sostenible.

1.4. Metodología

Con la intención de contribuir a la base de datos global de estudios en confort térmico, la metodología de investigación se diseñó bajo los lineamientos de los estándares internacionales (ASHRAE, 2009; International Organization for Standardization, 2006) y los estudios de confort térmico desarrollados por Damiani et al., 2016; Indraganti et al., 2013b, 2014; Jindal, 2018; Sanyogita et al., 2016a; Thapa, Bansal, Panda, et al., 2018.

La investigación inició con una revisión bibliográfica y un estudio del estado del arte sobre el confort térmico y su aplicación en zonas húmedas frías. Paralelamente, se hizo un análisis comparativo de los indicadores de confort térmico más utilizados y su aplicabilidad en estas zonas. Definiendo limitaciones así como zonas de confort térmico para oficinas ventiladas naturalmente, ubicadas en la ciudad de Bogotá. Con la revisión bibliográfica también se definió el trabajo de campo, en donde se establecieron los equipos de medición, las encuestas que se debían emplear y el posterior tratamiento de los datos de las mediciones y de las encuestas.

Se seleccionaron ocho oficinas ventiladas naturalmente, ubicadas en la ciudad de Bogotá y se contó con la aprobación de las personas que iban a ser encuestadas y con cada uno de sus directores.

Para el análisis del confort térmico se realizó un trabajo de campo entre el 19 de febrero y el 11 de mayo de 2019. Se hicieron mediciones ambientales interiores (temperatura del aire, temperatura de globo, humedad relativa, iluminación y velocidad del viento) y exteriores (temperatura del aire y humedad relativa) durante una semana en cada una de las ocho oficinas muestreadas, mientras que a la vez se capturaban los votos (cuatro veces al día) de confort térmico de 72 ocupantes en total.

Los votos de confort térmico fueron recolectados mediante dos encuestas, una inicial antes del periodo de toma de datos climáticos, y otra durante este proceso. En ambas se hicieron las mismas preguntas referentes a la percepción, preferencia, sensación y aceptación térmica del espacio térmico. Tras el trabajo de campo, se realizó un análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos, para luego, mediante el uso de regresiones multivariadas, proponer un modelo de confort térmico adaptativo.

Se estableció la temperatura de confort térmico para las oficinas ventiladas naturalmente ubicadas en la ciudad de Bogotá. Este valor se comparó con los diferentes modelos de confort térmico adaptativo y se establecieron las relaciones con las diferentes variables medidas en cada oficina.

Finalmente, se presentaron las conclusiones de la investigación y se redactó el presente documento. Los resultados se difundieron a través de un artículo que se publicó en la revista *Building and Environment* (García et al., 2019) y en diferentes presentaciones con las entidades normativas y agremiaciones de eficiencia energética y construcción sostenible en la ciudad de Bogotá.

2. ESTADO DE LA CUESTION

Para la realización del estado de la cuestión se consultaron más de 250 referencias, entre ellas, publicaciones científicas, libros de consulta, casos de estudio y normativas o reglamentaciones sobre el confort térmico. De las anteriores, se extrajeron los principales temas que se han afianzado dentro del estudio del confort térmico distribuyéndose de la siguiente manera; conceptualización (23%), investigación (63%) y normativa (14%).

En términos generales, el confort térmico se está discutiendo en la actualidad como un elemento esencial en la sostenibilidad, principalmente ambiental. Se ha entendido la importancia de lograr el confort térmico en todos los espacios habitables, pero recientemente la discusión se inclina a cómo lograr el confort térmico de manera sostenible². Además de exigirse en gran parte de las normativas internacionales, está también asociado a conceptos como economía circular y estrategias de carbono cero, las cuales privilegian las acciones/estrategias pasivas. Es de mencionar que el confort térmico se ha incluido también en algunos estudios en el sector agrícola (Damasceno et al., 2016; Freitas et al., 2017; Pareja Arcila et al., 2018) como mecanismo para mejorar las condiciones de animales en los gallineros, establos, etc. Temas que se salen del alcance de esta investigación.

Concretamente, del análisis de las publicaciones sobre el confort térmico se puede decir que aunque su concepto se ha venido discutiendo desde el siglo XX, existe una gran incertidumbre sobre su definición y principalmente sobre su aplicación y medición. Aún las recientes publicaciones continúan debatiendo si este se está abordando y entendiendo de manera acertada, pues existe una discusión permanente acerca de cuáles variables se deben tener en cuenta para su estudio y cuáles deberían omitirse. Entre estas se encuentran el contexto cultural, la humedad relativa, y la temperatura radiante, entre otras.

² Conforme lo reconoce Javier Neila (Neila, 2004), los efectos de los edificios sobre el entorno dependen de las sustancias que estos desprendan, del impacto que produzca el asentamiento y de los consumos que afecten el desarrollo sostenible del lugar, todos efectos estrechamente relacionados con las acciones que se emprendan para asegurar las condiciones de confort.

Reglamentaciones y estándares como ASHRAE 55³ e ISO⁴ son las que fijan la pauta de cómo debe entenderse el confort térmico. Estas reglamentaciones al no ser adaptables a todos los contextos, han sido sucedidas por estudios enfocados en la medición del confort térmico en diversas zonas climáticas, aunque sin una cobertura satisfactoria.

Tal y como lo presenta Mishra & Ramgopal (Mishra & Ramgopal, 2013) existen cinco tipos generales de clima 1) climas tropicales húmedos, 2) climas secos, 3) climas subtropicales húmedos de latitud media, 4) climas húmedos de latitudes medias continentales y 5) climas polares, cada uno con diferentes subcategorías. Como es de esperarse, cada una de las zonas climáticas ha tenido diferentes niveles y grados de evaluación conforme a la capacidad logística e intereses de cada región. Los países en desarrollo (en donde además de concentrarse la mayor parte de la población mundial, se esperan los mayores crecimientos poblacionales en los últimos años), han sido incuestionablemente aislados de estos estudios.

Existe una creciente voluntad de estudiar el confort térmico. Esta voluntad se expresa en el número de publicaciones, el cual se incrementa exponencialmente (Ilustración 3), principalmente a partir del año 2000. No obstante, son pocas las publicaciones y estudios publicados que se realizan en zonas tropicales, especialmente en Colombia (Ilustración 4).

Ilustración 3. Línea del tiempo documentos publicados en temas de confort térmico a nivel mundial por año. (Referencia tomada en Diciembre de 2019). Fuente: Scopus

³ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

⁴ International Organization for Standardization

*Ilustración 4. Publicaciones en temas de confort térmico de los 10 países con mayor número de publicaciones en comparación con Colombia, (Referencia tomada en Diciembre de 2019).
Fuente: Scopus*

Con la intención de hacer un breve paneo de lo que a la fecha de septiembre del 2020 se encuentra en temas de confort térmico en Colombia, se realizó una búsqueda avanzada en la base de datos Scopus con la siguiente ecuación “*TITLE-ABS-KEY (“thermal comfort”) AND TITLE-ABS-KEY (“Colombia”)*”. Se encontraron un total de 30 publicaciones de las cuales solo 16 corresponden a temas relacionados con el confort térmico en edificaciones. Los otros estudios responden a preguntas de investigación relacionadas con agricultura y campos médicos. Los 16 estudios analizados se pueden clasificar de la siguiente forma según sus objetivos:

- 8/16 publicaciones analizadas buscan estudiar, evaluar o medir el confort térmico.
- 3/16 publicaciones analizadas discuten y analizan estrategias de diseño arquitectónico o de equipos.
- 2/16 publicaciones analizadas evalúan el comportamiento de materiales y su relación con el confort térmico.
- 3/16 publicaciones se concentran en recolectar datos para el análisis del confort térmico.

2.1. Confort térmico

Tal y como lo relata Fabbri (Fabbri, 2015), la disciplina del confort térmico y el estudio de este nació en el siglo XX, cuando fue posible controlar directamente el microclima

interior de los espacios habitables. En los siglos anteriores, las condiciones de confort térmico se controlaban mediante procesos de adaptación relacionados con el comportamiento y la ropa, además del uso de chimeneas o estufas. En la ausencia de otros mecanismos de modificación térmica, era imposible pensar en controlar el ambiente, más aún si se tiene en cuenta que las leyes de la termodinámica surgieron en la mitad del siglo XIX.

Con el surgimiento del modernismo y la idea de entender al ser humano como el centro de la planificación, se empezó a pensar en cómo podrían mejorarse sus condiciones, y con la aparición del sistema de calefacción y aire acondicionado empiezan a asentarse las posibilidades y la exigencia de tener ambientes más confortables. Desde entonces ha habido mucha actividad y debate, especialmente en los años 60s y 70s, mucho se ha logrado desde 1970 para entender las condiciones en las que se logra el confort térmico (Parsons, 2010).

El confort térmico es generalmente considerado como un estado positivo o deseable para una persona (Parsons, 2010). Este ha sido definido y ampliamente aceptado (Parsons, 2010) como:

“la condición de la mente que expresa satisfacción con el entorno térmico”
(ASHRAE, 2010).

En otras palabras, el confort térmico es la manifestación subjetiva de agrado con el ambiente, es decir, cuando las personas no sienten ni frío ni calor. De ahí que sea una condición psicológica y no un estado fisiológico, puesto que la satisfacción está influenciada por factores individuales, organizacionales y sociales. Lo que puede significar que los métodos para predecir condiciones de confort térmico nunca serán perfectos o globalmente aceptados (J. F. Nicol et al., 1995), y que además, satisfacer a todos los ocupantes en un mismo espacio es una labor compleja (ASHRAE, 2010).

Los estándares internacionales definen el entorno térmico en función de cuatro variables físicas (temperatura del aire, temperatura media radiante, velocidad del aire relativa y humedad del aire) y dos variables relacionadas con las personas (nivel de actividad y vestimenta) (M. Frontczak & P. Wargocki, 2011). Aunque son muchos los estudios que defienden que el confort térmico, y el confort térmico específicamente, es resultado de infinidad de variables, muchas de ellas aun no estudiadas (M. Frontczak & P. Wargocki,

2011). El confort térmico depende también de un amplia gama de factores “no cuantificables” como estados mentales, educación, hábitos, etc. (J. Khedari, N. Yamtraipat, 2000).

Los bebés, las personas con discapacidad, los adultos mayores o cualquier persona que no pueda manifestar claramente su percepción y preferencia del confort térmico debe ser tomada en cuenta a partir del supuesto que un espacio es confortable en la medida que la mayoría de las personas encuestadas lo consideren así (Parsons, 2010).

Al igual que el confort térmico, existen otros tipos de confort térmico que definen la percepción y las características de un espacio respecto al comportamiento de las personas, dentro de los más relevantes se encuentran; el confort visual, olfativo y acústico. No obstante, es de recalcar que según el estudio de M. Frontczak & P. Wargocki (M. Frontczak & P. Wargocki, 2011), de todos los tipos de confort térmico existentes, el confort térmico es el más relevante para la concepción de la calidad ambiental interior. Por ende, en caso de tener que priorizar estrategias de confort térmico, el confort térmico debería ser la principal prioridad, y con ello todas las condiciones favorables para el logro de este.

2.2. Variables en el confort térmico

A continuación, se presentan algunas de las variables o factores que se han identificado para estimar y/o evaluar el confort térmico a través de la bibliografía consultada y algunas consideraciones que han surgido de cada una de ellas:

- Edad

Desde un punto de vista fisiológico, las principales defensas contra el frío se comprometen con el envejecimiento. Las diferencias en condición física y los efectos debilitantes que vienen acompañados con el envejecimiento hacen que el grupo de edad sea un director en la planificación de una investigación, por eso diversos estudios han definido o sesgado su muestra a partir de las edades y la sensación térmica de cada una (Frank et al., 2000).

- Género

Los estudios que han analizado los géneros por separado presentan diferentes patrones de votación, porcentaje de insatisfacción y ancho de la zona de confort térmico (Hwang RL, Lin TP, 2006; Indraganti M, 2010). Los cálculos del Clo (asilamiento de ropa) para cada uno de los géneros es diferente ya que los grupos de ropa así lo son y por otro lado las diferencias morfológicas entre mujeres y hombres son diferentes en volumen, composición corporal, sin mencionar que la termorregulación y percepción térmica es diferente, entre otras variables (Mishra & Ramgopal, 2013).

- Metabolismo:

La actividad metabólica del ser humano depende del estado de salud, la edad, el peso, el género y el tipo de dieta, entre otras cosas. Se reconoce que el metabolismo puede subdividirse en tres tipos:

- Metabolismo energético básico: Requisito de las calorías para el mantenimiento de las funciones vitales o condiciones de reposo.
- Metabolismo relacionado con la posición del cuerpo
- Metabolismo vinculado con el tipo de trabajo o actividad que se realiza.

Normalmente para el estudio del confort térmico se utiliza el metabolismo vinculado con la actividad y se toman estándares como el de ASHRAE 55 o pueden calcularse de acuerdo con la norma ISO 8996 (Fabbri, 2015).

- Tasa metabólica:

Como se mencionó anteriormente, la tasa metabólica relacionada con la actividad es la que se utiliza frecuentemente en el estudio del confort térmico. La actividad metabólica (M), o la tasa metabólica se expresa en W/m^2 .

- Estaciones climáticas:

Además de las evidentes diferencias entre las estaciones climáticas, existen estudios que defienden que efectivamente las encuestas realizadas alrededor del mundo arrojan diferentes resultados en cada una de las estaciones. Se han observado también ciclos y cambios diarios y horarios que deberían considerarse en la investigación, puesto que

efectivamente marcan picos de sensaciones térmicas muy diversas (M. Frontczak & P. Wargocki, 2011; Mishra & Ramgopal, 2013).

- Aislamiento de ropa (Clo)

Uno de los factores que ha puesto en consideración la variable anterior (estaciones climáticas), es la capacidad de las personas a adaptarse al medio gracias al uso del aislamiento de ropa.

Existen estudios que atribuyen el cambio de sensación térmica a las estaciones climáticas, existen otros que defienden que las personas, sin importar la zona climática, tienen una capacidad no despreciable de adaptarse a los cambios por medio de la variación de la ropa en cada momento del año o el día (Richard J de Dear & Brager, 2002; Mishra & Ramgopal, 2013). Normalmente se hace uso de los valores sugeridos por los estándares internacionales para incluir el aislamiento de ropa en los cálculos de cada estudio (Indraganti et al., 2013a).

- Sistemas de ventilación

Los diferentes sistemas de ventilación determinan significativamente la sensación térmica de los espacios. Podría decirse que existe un desarrollo académico diferenciado para cada uno y que, según el tipo de sistema, deben abordarse supuestos de confort térmico diferentes. No solo se modifican las expectativas con respecto al ambiente sino también los mecanismos de adaptación y por supuesto los consumos energéticos (F. Nicol & Humphreys, 2002).

- Velocidad del aire

La percepción humana del movimiento del aire depende, entre otras cosas, de la velocidad del aire. La velocidad del aire afecta las pérdidas de calor por convección y evaporación del cuerpo humano, y por lo tanto, influye en las condiciones de confort térmico, lo cual puede incidir positivamente en el alcance de los rangos de confort térmico (C. Candido, R.J. de Dear, 2010; Iftikhar et al., 2001).

- Humedad Relativa:

La humedad relativa es una de las variables determinantes dentro del confort térmico (ASHRAE, 2010), hay muchas teorías acerca de su incidencia específica en las respuestas de confort térmico, no obstante, se ha registrado que una humedad media relativamente alta se supone que tiene un efecto no deseable sobre el confort térmico de los ocupantes (Damiani et al., 2016).

- Temperatura Exterior:

La inclusión de la temperatura exterior en el estudio del confort térmico representa el inicio de una concepción adaptativa. Puesto que, entre otras cosas, la relación entre el exterior y el interior empieza a adquirir una mayor importancia en las conclusiones de los estudios. (Humphreys & Nicol, 2000).

La influencia de la temperatura exterior es precisa en muchos casos, y en otros por lo contrario no lo es tanto. Por ejemplo, en contextos de fuertes inviernos en donde las personas tienen bajo contacto con el exterior y además sus sistemas de ventilación dependen fuertemente del apoyo mecánico, esta variable ha sido subestimada. Por el contrario, en climas tropicales en donde existe un contacto permanente en el exterior esta ha empezado a ser cada vez más estudiada (Höppe, 2002).

- Temperatura Radiante:

La temperatura radiante se entiende en la bibliografía como la temperatura uniforme de un recinto imaginario en el que la transferencia de calor radiante del cuerpo humano es igual a la transferencia de calor radiante en el recinto real (Fabbri, 2015). Esta es una variable influyente especialmente en edificios cuya envolvente está expuestas a una fuerte radiación solar en donde además, el control de la temperatura y la humedad interior no se puede garantizar (Atmaca et al., 2007).

El cálculo de la temperatura radiante media se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$MRT = \left[(GT + 273)^4 + 2,5 * 10^8 * v_a^{0,6} (GT - t_a) \right]^{1/4} - 273$$

MRT = Temperatura media radiante (°C)

GT = Temperatura de globo (°C)

V_a = Velocidad del aire a nivel del globo (m/s)

t_a = Temperatura del aire (°C)

- Temperatura media interna del aire:

Tradicionalmente, los modelos de confort térmico están vinculados con la medición de la temperatura de los ocupantes con la temperatura media mensual del aire. Esta es una variable fácilmente comprendida y utilizada en la gran mayoría de los estudios (Mishra & Ramgopal, 2013).

- Temperatura Operativa:

La temperatura operativa o la temperatura del operador, expresa la relación entre la temperatura radiante media de las paredes y la temperatura del ambiente, teniendo en cuenta los fenómenos debidos al intercambio de calor por convección y radiación, normalmente es utilizada puesto que esta es la temperatura que las personas se ven expuestas en la realización de sus actividades (Fabbri, 2015).

La temperatura operativa se calculó a partir del uso de la siguiente ecuación:

$$t_o = (t_{mr} + (t_a \sqrt{10v})) / (1 + \sqrt{10v})$$

t_o = Temperatura operativa

t_a = Temperatura del aire

t_{mr} = Temperatura media radiante

v = Velocidad del aire

- Temperatura operativa media:

Se cree que el término medio mensual deja mucho para la interpretación, no se sabe si este medio hace referencia al mes actual de investigación, el promedio mensual o el promedio histórico. Lo que en muchos casos ha dificultado el análisis de las encuestas, razones por las cuales se cree que la temperatura media de funcionamiento suple esa incertidumbre y logra facilitar la investigación (Mishra & Ramgopal, 2013).

- Tiempo:

Partiendo de la idea que el confort térmico debería entenderse en términos de adaptación y consecución de acciones luego de la sensación de incomodidad térmica, entonces el tiempo y la temporalidad de los resultados es un centro de discusión.

Se estudia no solo los cambios en el clima y sus implicaciones en el confort térmico, sino también, el tiempo por cada uno de los mecanismos de adaptación que se requirió para llegar de nuevo a las condiciones de confort térmico (F. Nicol & Humphreys, 2002). Paralelamente, hay que tener en cuenta que el tiempo en términos de horas del día (mañana o noche) puede también influir en los resultados obtenidos.

La concepción del confort térmico debe tener una aproximación dinámica a través del tiempo y no estacionaria. Para comprender el confort térmico a lo largo del día o a lo largo de una temporada. Teniendo en cuenta los cambios de la temperatura exterior durante el tiempo de análisis.

- Características de los edificios o la envolvente:

Las características de los edificios influyen en el impacto o incidencia que pueden llegar a tener las condiciones exteriores en las condiciones interiores, adicionalmente estas juegan un rol fundamental en el control de las condiciones térmicas deseadas. Tiene una incidencia esencialmente en la transmisión del clima exterior, en la transmisión de los rayos solares y en la posible infiltración de aire (Iftikhar et al., 2001; F. Nicol & Humphreys, 2002).

- Ausencia o presencia y tipos de controles sobre el entorno térmico:

En edificios ventilados naturalmente los posibles controles a los que las personas pueden tener acceso son; puertas, ventanas operables, cortinas, persianas, ventiladores, calentadores eléctricos o de gas e inyectores de aire caliente, entre algunos otros (KC et al., 2018).

Se ha comprobado que solo la presencia de estos elementos genera una aceptación térmica de las personas y además se considera uno de los principales métodos de adaptación de los usuarios. Por ende, diversos estudios han analizado la incidencia de los mismos en diferentes contextos y con esto han concluido en patrones deseables de uso (Iftikhar et al., 2001).

2.3. Estándares internacionales

Sumados a los modelos adaptativos, los dos modelos más utilizados en la actualidad y considerados además como estándares de confort térmico internacionales se presentan a continuación.

- ASHRAE 55

El estándar ASHRAE 55 (*Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*), evalúa el confort térmico a través de diferentes métodos con un enfoque racional y adaptativo. El propósito del estándar ASHRAE 55 es especificar las combinaciones de ambientes espaciales interiores y los factores personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para el 80% o más de los ocupantes de un espacio.

El enfoque racional se basa actualmente en el modelo de balance de calor del cuerpo humano (J. F. Nicol, 2004) el cual asume que la sensación térmica está influenciada exclusivamente por los cuatro factores ya mencionados en este documento; temperatura operativa, radiación térmica, humedad y velocidad del aire. Así como dos adicionales; vestimenta y actividad (Richard J de Dear & Brager, 2002).

Por otro lado, ASHRAE 55 también cuenta con un enfoque adaptativo. Este enfoque establece que además de los factores físicos y fisiológicos, existen otros que también juegan un rol importante en el confort térmico (Richard J de Dear & Brager, 2002). Entre otras cosas, la actualización del año 2010, contempla un modelo capaz de ser aplicado a espacios ventilados naturalmente con ventanas operables, en los que los usuarios pueden incidir en el aislamiento de la ropa que utilizan. Lo anterior, por medio de cálculos muy simples que contemplan la relación entre el exterior e interior de la edificación. De ahí que este modelo, comparado al del PMV, sugiera simplicidad y practicidad en su aplicación.

- ISO 7730:

ISO, la organización internacional para la estandarización, es una federación mundial de organismos de estandarización que cubre una serie de temas de interés con comités especializados. Específicamente la ISO 7730 (*Ergonomía del ambiente térmico*), es un estándar preparado por el comité de ergonomía del ambiente físico, que cubre la

evaluación y modera los ambientes térmicos. Este fue desarrollado en paralelo con el estándar ASHRAE 55.

Esta norma presenta los métodos para predecir la sensación térmica general y el grado de insatisfacción térmica que sienten personas que están expuestas a ambientes térmicos moderados. Este habilita la determinación e interpretación analítica del confort térmico mediante el uso del cálculo de PMV (voto medio previsto) y el PPD (porcentaje de insatisfacción), así como, otros criterios de confort térmico locales. Se cree que si bien este estándar fue desarrollo para ambientes de trabajo, aplica igualmente a otros ambientes de estudio (International Organization for Standardization, 2006).

A través de la aplicación de estos estándares se han evidenciado problemáticas a la hora de evaluar el confort térmico al interior de un espacio. Ha sido limitada la flexibilidad de los arquitectos y diseñadores por buscar alternativas de control debido a la gama relativamente reducida de condiciones térmicas interiores permitidas por los estándares.

Se ha asumido que estas condiciones son universalmente aplicables en todos los edificios, climas, condiciones y poblaciones, y con ello, se ha forzado el uso de sistemas mecánicos para cumplir expectativas no contextualizadas. Incrementando alarmantemente los consumos energéticos globales (Richard J de Dear & Brager, 2002). Se cree que existe una falla metodológica en el uso de las escalas que propone el ASHRAE 55 y las denominaciones de lo que se define como confort térmico y no (Richard J de Dear & Brager, 2002).

2.4. Enfoque racional y adaptativo del confort térmico

Existen en la actualidad dos enfoques diferentes para evaluar el confort térmico y medirlo; el enfoque racional o estático y el adaptativo. En primera instancia el enfoque racional, el cual también involucra los indicadores de voto medio estimado (PMV por sus siglas en inglés) y el porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD por sus siglas en inglés), está basado en los estudios realizados por Fanger (P. O. Fanger, 1970). Quien con este trabajo define por primera vez los parámetros que influyen en el confort térmico y los métodos para cuantificarlos (PMV y PPD). Se caracteriza por no tener en cuenta variables como el contexto, los mecanismos de aclimatación del usuario y

variables demográficas y psicológicas, dado que es resultado de un estudio en cámaras térmicas.

En grandes rasgos, el propósito metodológico de este enfoque es encontrar las relaciones de causa efecto entre las variables que se deseen estudiar y con ello concluir acerca del confort térmico. Por eso, es un enfoque que se considera exitoso en el estudio de sistemas simples con pocos componentes y que es capaz de demostrar principios universalmente aceptados. Este enfoque es la base teórica de estándares internacionales como ASHRAE 55 y UNE-EN ISO 7730 (Molina & Veas, 2012).

Algunas investigaciones han indicado que el enfoque racional presenta imprecisiones, principalmente en edificios naturalmente ventilados y/o ubicados en zonas tropicales (Nematchoua et al., 2014; J. F. Nicol, 2004). Uno de los mayores problemas de la aplicación de los estándares en climas cálidos, corresponde a los límites establecidos para la aplicación del PMV. Los cuales establecen que la temperatura del aire no puede ser mayor a 30°C y la velocidad del aire superior a 1 m/s. Sin embargo, investigaciones posteriores a la de Fanger, realizadas en zonas cálidas, han demostrado que las personas pueden estar confortables con temperaturas superiores a los 30°C. Estas condiciones de confort térmico se presentan cuando se incrementa el valor de la velocidad del aire (C. Candido, R.J. de Dear, 2010; E. Arens, T. Xu, K. Miura, Z. Hui, 1998; J. Khedari, N. Yamtraipat, 2000; S.H. Ho, 2009).

En contraste, el enfoque adaptativo, el último avance en el estudio del confort térmico (Fabbri, 2015) se basa en la capacidad de los ocupantes para adaptarse a los cambios en su entorno térmico hasta lograr su confort térmico (Indraganti et al., 2014; Mishra & Ramgopal, 2013), siendo entonces el usuario un actor activo (Molina & Veas, 2012). Por lo tanto, en este enfoque si se tienen en cuenta parámetros como; la edad, la procedencia, el sexo, el contexto, la aclimatación, entre otros. Algunos ejemplos de modelos adaptativos corresponden a los planteados por (Auliciems, 1981; R J de Dear et al., 1997; Humphreys, 1976).

Se cree que un modelo de confort térmico adaptativo puede desempeñar un papel fundamental en la reducción del uso de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero, en el mantenimiento del confort térmico, la productividad laboral y fundamentalmente en el bienestar de los ocupantes (Sanyogita et al., 2016b).

Con la introducción de selecciones relacionadas con espacios naturalmente ventilados en estándares como ASHRAE 55, ISO 7730 y EN 15251 la idea del confort térmico se ha convertido en la corriente principal del diseño pasivo (Mishra & Ramgopal, 2013).

No obstante, el modelo adaptativo debería considerarse aún como un objeto de estudio. Puesto que este ha sido comprobado únicamente en espacios y/o zonas que fueron diseñadas para este fin, y hasta el momento, no se han abordado otros escenarios, como por ejemplo las zonas tropicales frías. De todos los estudios de confort térmico realizados en zonas tropicales, la mayoría consideran las zonas cálidas, pero muy pocos han analizado las zonas frías. A pesar que se ha sugerido que los trópicos podrían requerir un nivel diferente de consideración de confort térmico de lo que actualmente se proporciona en los estándares (Natarajan et al., 2015).

A continuación, se presentan algunos de los indicadores internacionales más comunes (clasificados según su enfoque; racional o adaptativo) los cuales fueron utilizados para el desarrollo de esta investigación. Parte de la descripción de los mismos fue tomada del trabajo de Chávez del Valle (Chávez Del Valle, 2002).

2.4.1. Enfoque racional:

- PMV/PPD (*Predicted Mean Vote/ Predicted Percentage Dissatisfied*):

El indicador PMV, realizado por Fanger (P. O. Fanger, 1970) y utilizado por ASHRAE 55, representa el “voto medio previsto” (en la escala de sensación térmica) de un grupo de personas que están expuestas a un contexto en específico. El enfoque del PMV va más allá de la provisión de un índice térmico. Este método se deriva de la física de transferencia de calor combinada con una adaptación empírica para la sensación térmica, y al resultado de esta relación se le asigna un voto.

Este modelo predice la sensación térmica en función de una actividad, aislamiento de ropa y los cuatro clásicos parámetros en el estudio de confort térmico; la temperatura del aire, la temperatura radiante promedio, la velocidad del aire y la humedad (P. Fanger, 2007).

La ecuación del PMV utiliza un balance térmico en estado estacionario para el cuerpo humano y asume un vínculo entre la desviación de la acumulación mínima en el

mecanismo ejecutor del balance térmico, por tanto, es considerado como un modelo estacionario. De ahí que sólo se aplica a seres humanos que están expuestos a un largo periodo en condiciones constantes y con una tasa metabólica constante.

Su principal ventaja es que es un modelo muy flexible que incluye en un solo cálculo todas las variables que se creen podrían influir en la sensación térmica (P. Fanger, 2007).

Algunas limitaciones del modelo están relacionadas con la restricción explícita que sugiere la temperatura de la piel y la pérdida de calor por evaporación en valores para confort térmico y sensación “neutral” en un nivel dado por actividad. Lo que en cierta medida podría explicar por qué se ha encontrado que las temperaturas de confort térmico previstas, utilizando el método PMV, a menudo son significativamente diferentes de las obtenidas mediante el análisis estadístico de los votos de confort térmico real (J. F. Nicol et al., 2012).

El examen de un gran volumen de datos de prueba muestra que aproximadamente el 5% de la población estaría insatisfecha incluso en las “mejores” condiciones, al mejor nivel de PMV = 0. Con esto, el porcentaje de insatisfechos aumenta rápidamente (Auliciems & Szokolay, 2007). No obstante, se ha evidenciado en diversos estudios que este modelo funciona adecuadamente en algunos edificios ventilados mecánicamente, pero definitivamente no en aquellos con ventilación natural (Indraganti et al., 2013a; J. Khedari, N. Yamtraipat, 2000; Yang et al., 2014).

2.4.2. Enfoque adaptativo:

- Humphreys:

En 1977 Humphreys hace un reconocimiento de los datos de estudios, en los que encuentra una fuerte dependencia estadística de las neutralidades térmicas (T_n), o temperaturas en las que un mínimo estrés es reportado en escalas verbales, en niveles medios de temperatura del aire, o temperatura de globo (T_i), experimentadas por los encuestados al interior o exterior, en un periodo de aproximadamente de un mes. Se encuentra que el valor de T_n oscila unos 13,0°C, esto es, entre 17,0°C y 30,0°C y con ello desarrolla una ecuación para expresar la temperatura neutra (T_n).

$$T_n = 2,56 + 0,83T_i$$

T_n =Temperatura neutral o de confort térmico.

T_i =Temperatura de globo.

Tiempo después en un análisis realizado por el mismo Humphreys con la intervención de Nicol en el 2001 se sustituye la temperatura interior por la temperatura media exterior T_m y se obtienen resultados equivalentes en espacios sin sistemas de apoyo mecánicos, específicamente en viviendas (Fuentes Pérez, 2016).

$$T_n = 11,9 + 0,534T_m$$

T_n =Temperatura neutral o de confort térmico.

T_m =Temperatura media exterior

- Auliciems:

Auliciems posteriormente al trabajo de Humphreys encuentra en 1981 una ecuación que también es válida para la temperatura neutra (T_n) entre temperaturas de 18 °C y 28 °C. Lo hace luego del estudio de bases de datos en espacios ventilados naturalmente y mecánicamente. En donde la T_n es igual a la sumatoria de dos constantes (17,6 + 0,31) multiplicadas por la temperatura media exterior T_m . En la aplicación de su ecuación encontró coeficientes de correlación de $r=0,95$.

$$T_n = 17,6 + 0,31T_m$$

T_n =Temperatura neutral / confort térmico

T_m =Temperatura media exterior

Se ha reportado que luego de esta intervención en 1981 Auliciems formula un modelo adaptativo de termorregulación, con el cual la preferencia térmica es vista como respuesta de parámetros fisiológicos a los patrones inmediatos e interiores y a las expectativas basadas en determinaciones climáticas y culturales provenientes de experiencias pasadas. Otra aproximación dentro de su estudio es la siguiente ecuación.

$$T_n = 9,22 + 0,48 T_a + 0,14 T_o$$

T_n =Temperatura neutral de confort térmico

T_a =Temperatura ambiente

T_o =Temperatura operativa

- Pakistán

Se llevaron a cabo estudios sobre el confort térmico en julio y enero utilizando cinco sujetos en cada una de las cinco zonas climáticas diferentes de Pakistán. Se obtuvieron casi 5.000 conjuntos de respuestas subjetivas de los sujetos, junto con mediciones térmicas simultáneas. El análisis muestra que la temperatura considerada confortable por los sujetos cambia con el clima y la estación. El modelo con el que concluyó este estudio es el siguiente.

$$T_c = 18,5 + 0,36T_{oh}$$

T_c = Temperatura neutral o de confort térmico

T_{oh} = Temperatura media horaria exterior

- Shanghai

Este estudio analiza la sensación térmica de los ocupantes en edificios con ventilación natural y el cambio de temperatura térmica neutra con la estación. Para lo anterior, se llevó a cabo una investigación de campo en edificios residenciales con ventilación natural en Shanghai de abril de 2003 a noviembre de 2004. En el estudio se recogieron un total de 1.768 cuestionarios. El estudio concluyó con el siguiente modelo:

$$T_n = 15,12 + 0,42T_o$$

T_n = Temperatura neutral o de confort térmico.

T_o = Temperatura exterior.

- Harbin

Este estudio se llevó a cabo durante el verano de 2009 en Harbin, al noreste de China, con el fin de investigar las respuestas humanas a las condiciones térmicas de los edificios residenciales con ventilación natural en climas fríos. El modelo que resultó de esta investigación fue el siguiente, con un R^2 de 0,6615.

$$T_n = 11,802 + 0,486T_w$$

T_n = Temperatura neutral o de confort térmico.

T_w = Temperatura promedio semanal

- SCAT (Smart Control and Thermal Comfort):

Otro modelo importante a mencionar es SCAT, base de datos europea con más de 5,000 datos o respuestas subjetivas. El estudio incluyó la recolección de datos en campo en exactamente 26 edificios en cinco países europeos. Este estudio concluyó con la siguiente formula.

$$T_c = 14,1 + 0,20T_{o_{max}} + 0,35T_{o_{min}}$$

T_c =Temperatura neutral/ confort térmico

T_o =Temperatura exterior máxima y mínima

- Griffiths:

Se conoce igualmente del trabajo de Griffiths quien en 1991 presentó un estudio en edificios ubicados en Europa bajo el uso de sistemas pasivos, en donde encontró un modelo muy similar al planteado por Humphreys.

$$T_n = 11,9 + 0,534T_m$$

T_n =Temperatura neutral / confort térmico

T_m =Temperatura media exterior

La temperatura de Griffiths se usa ampliamente en los estudios de confort térmico en la actualidad (Damiati et al., 2016), este método es especialmente útil cuando la variación de temperatura durante el estudio de campo es pequeña y/o cuando una pequeña muestra puede dejar de proporcionar una regresión confiable para predecir la temperatura de confort térmico, más aún, cuando el voto de confort térmico promedio es muy diferente de la neutralidad (Indraganti et al., 2013b, 2013a; Sanyogita et al., 2016b).

En este método, una “temperatura de confort térmico” (T_{comf}) se deriva de cada conjunto de datos utilizando una pendiente supuesta. Es la temperatura del globo o temperatura operativa interior a la que el encuestado registraría la neutralidad térmica si las divisiones en la escala de ASHRAE 55 corresponden a un cambio en la temperatura del globo u operativa interior (de 2 K) (Indraganti et al., 2014).

Como se anunció en la metodología de investigación, se estudiaron modelos de confort térmico según las condiciones climáticas de la ciudad de Bogotá, descritas a detalle en el capítulo 3 de este documento. De este ejercicio como se evidencia en la tabla 1, se puede constatar que efectivamente es complejo definir un juicio claro sobre cuál debería

ser la temperatura neutra para la ciudad y/o sus límites de confort térmico para un rango de 90% (+/- 2,5°C) u 80% (+/- 3,5°C) de aceptabilidad. Lo anterior considerando que los rangos varían entre temperaturas de 15,5°C a 19,7°C en temperaturas mínimas y 22,5°C a 26,7°C en temperaturas máximas para un 80% de aceptabilidad. Esto sugiere rangos muy amplios que inciden en la eficiencia del diseño bioclimático de las edificaciones.

Tabla 1. Comparación modelos adaptativos existentes para la ciudad de Bogotá.

Modelo	Tn o Tc	Rango de aceptabilidad 90% (+/- 2,5 Tn)		Rango de aceptabilidad 80%(+/- 3,5 Tn)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Humphreys	19,8	17,3	22,3	16,3	23,3
Auliciems	21,6	19,1	24,1	18,1	25,1
ASHRAE	22,4	19,9	24,9	18,9	25,9
Pakistan	23,2	20,7	25,7	19,7	26,7
Shangai	21,3	18,8	23,8	17,8	24,8
Harbin	19,0	16,5	21,5	15,5	22,5
SCAT	20,6	18,1	23,1	17,1	24,1

2.5. Reglamentación del confort térmico en Colombia

En Colombia, la Guía de Construcción Sostenible de la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio es la única reglamentación que integra temas de confort térmico. Sin embargo, esta no puede considerarse como una reglamentación dedicada al confort térmico, si no a la construcción sostenible en general. Por lo que al existir muchos vacíos normativos, los profesionales del medio se ven forzados a basarse en estándares internacionales como el del ASHRAE 55.

Según el estándar ASHRAE 55, el rango aceptable de temperatura operativa o confort térmico para un espacio ventilado naturalmente en Bogotá (bajo una temperatura exterior promedio de 14,87°C) debería estar entre 18,9°C y 25,9°C en un 80% de aceptabilidad, y entre 19,9°C y 24,9°C en un 90% de aceptabilidad.

En contraste, la reglamentación colombiana en la Guía de Construcción Sostenible del año 2013 estipula únicamente una norma general a nivel nacional entre los 21°C y 25°C (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2013), y en la norma técnica colombiana NTC 5316 del ICONTEC (versión en español y simplificada de ANSI/ASHRAE Standard

55, 1992) un rango aceptable entre 20°C y 26°C (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

2.6. Estudio del confort térmico en zonas tropicales

A nivel de las zonas tropicales, el estudio del confort térmico se ha concentrado particularmente en desmentir algunos de los supuestos internacionales de confort térmico. Al no existir documentación en estas áreas, se asume que estas zonas son regidas por los mismos principios que en otras zonas. No obstante, tras recientes estudios ya se sabe que por ejemplo; la temperatura de confort térmico en zonas tropicales es frecuentemente más elevada que en otros contextos, y por lo mismo, las preferencias térmicas son disimiles (Damiati et al., 2016; Mishra & Ramgopal, 2013; Parsons, 2010; Yamtraipat et al., 2005). Igualmente, que brindarle a los usuarios la opción de controlar el entorno térmico por medio de ventanas puede, en estas zonas, ser suficiente para lograr condiciones de confort térmico (Richard J de Dear & Brager, 2002; Iftikhar et al., 2001; Sanyogita et al., 2016a).

Estos argumentos, entre muchos otros, han asentado la idea que efectivamente el confort térmico en áreas tropicales debe abordarse de forma diferente, de donde se concluye la pertinencia de esta investigación. Si bien esta investigación no aborda la totalidad de los vacíos existentes, sí contribuye a establecer criterios claros sobre el confort térmico en las oficinas naturalmente ventiladas ubicadas en zonas tropicales frías y además, favorece el posicionamiento del concepto del confort térmico en las zonas más pobladas del mundo.

Son pocos los estudios de confort térmico que se conocen en la ciudad de Bogotá. No obstante, el trabajo de Juan Manuel Medina en conjunto con Carolina Rodríguez y María Camila Coronado, ha generado importantes contribuciones. Concretamente, este grupo de investigadores, en colaboración con otros profesionales, se ha enfocado en la discusión del confort térmico en edificaciones y espacios urbanos (Medina et al., 2020), el desarrollo de métodos para la recolección de datos en áreas tropicales (Medina et al., 2019), el perfeccionamiento de estrategias pos-ocupación para mejorar el confort térmico en la vivienda social, la satisfacción térmica en entornos de vivienda popular (Juan Manuel et al., 2019) y entre otros, el desarrollo de métodos para recolectar

información de confort térmico en entornos escolares (Rodríguez et al., 2019), todos realizados en la ciudad de Bogotá.

Es de mencionar también el trabajo realizado por Natarajan et al., 2015, pues en este artículo, se presenta el primer estudio de campo sobre el confort térmico en oficinas en Colombia. Adicionalmente, se comparan los datos capturados con los estándares internacionales ISO 7730:2005 y ASHRAE 55. Para luego concluirse que el modelo PMV no se ajusta a las condiciones evaluadas, pues subestima la percepción de incomodidad de los ocupantes. Por otro lado, los hallazgos proporcionan pruebas sólidas de que la falta de control percibido o real en los edificios con ventilación natural de bajo consumo de energía, reduce en gran medida el confort térmico de los ocupantes y, por lo tanto, invalida las predicciones de algunos modelos adaptativos.

3. CASO DE ESTUDIO - BOGOTÁ

En países como Colombia, país situado en la zona intertropical de América, existen varias ciudades húmedas frías, una de estas es Bogotá la capital del país. Bogotá se encuentra enmarcada por los cerros orientales y al occidente por el río Bogotá, está delimitada por dos unidades fisiográficas, una zona plana localizada hacia el norte y que comprende el Altiplano de Bogotá y una zona montañosa que se inicia al sur del altiplano y se prolonga hasta el límite del Distrito, incluyendo la región del Sumapaz (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2004).

Con más de 9 millones de habitantes, correspondientes al 20% de la población colombiana y ubicada a 2.640 metros sobre el nivel del mar. Bogotá es la ciudad en donde se edifican la mayor cantidad de construcciones nuevas en Colombia. Así mismo, es considerada como una ciudad de gran potencial para la implementación de estrategias pasivas en el diseño bioclimático, debido a su constante y baja temperatura (Carla et al., 2015).

Colombia está localizada exactamente sobre la línea ecuatorial (Latitud $04^{\circ}34'15''\text{N}$, Longitud $74^{\circ}17'50''\text{W}$), por tanto, se piensa como un territorio ubicado en una zona tropical que además recibe rayos solares relativamente verticales durante todo el año. En este orden de ideas Colombia debería tener un clima denominado como caluroso, pero es la interacción de factores como la humedad y el relieve, que facultan la diversidad de climas. Por consiguiente, la principal determinante del clima en las diferentes zonas del país es la altitud, haciendo que la temperatura disminuya a medida que esta asciende, a razón de 1 grado centígrado aproximadamente cada 187 metros (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 1990).

A causa de las diferentes alturas que se presentan en todo el territorio colombiano existen zonas cálidas (secas o extremadamente húmedas) y frías en donde se presentan precipitaciones en forma de nieve. Pasando por zonas templadas en donde la temperatura varía de acuerdo a la altitud relativa sobre el nivel del mar (Leyva, 1998). De ahí que la ciudad de Bogotá en una altitud 2.640 m sobre el nivel del mar presente las condiciones climáticas que se describieron anteriormente, eso sumando las condiciones geográficas de la Sabana y la ubicación con respecto a los cerros

orientales, quienes tienen gran influencia en la biodiversidad encontrada en esta zona y en el comportamiento del viento.

En la capital colombiana la temperatura media presenta valores con poca variación durante todo el año. La humedad relativa promedio anual es del 81%, acentuando la sensación térmica fría durante las primeras horas de la mañana. Los vientos predominantes son generalmente del noreste. A pesar de los niveles significativos de radiación solar, más del 60% de las horas diurnas anuales se encuentran en condiciones de lluvia como consecuencia de niveles constantes de alta humedad, lo que aumenta la cantidad de radiación difusa de la radiación global total. Por lo tanto, las condiciones del cielo son beneficiosas para el objetivo de patrones de distribución más homogéneos de la luz del día en espacios interiores (Carla et al., 2015).

Las condiciones climáticas particulares de Bogotá (que pertenece a una zona tropical, pero experimenta un clima de tierras altas subtropicales) son muy diferentes a las que se experimentan normalmente en las latitudes tropicales. El clima de Bogotá se caracteriza por variaciones estrechas de las temperaturas anuales y precipitaciones distribuidas durante todo el año, que son características típicas de los climas oceánicos (Natarajan et al., 2015). Lo que en otras palabras quiere decir que el comportamiento mensual durante todo el año es homogéneo. Las variaciones existentes que se experimentan en la ciudad se presentan durante el día.

La temperatura promedio anual para Bogotá es de 14,8°C, y su temperatura mensual más baja es de 7,8°C y se presenta durante el mes de enero. La mayor temperatura mensual se presenta durante los meses de noviembre, diciembre y enero, alcanzando un valor de 20,1°C.

A continuación, se presentan los datos meteorológicos de Bogotá, basándose en el archivo meteorológico obtenido a través del programa Meteonorm (datos horarios). Adicionalmente se presentan los datos promedio mensuales (de los últimos diez años) de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Colombia del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), ubicada en la ciudad de Bogotá.

Tabla 2. Condiciones climáticas horarias y mensuales de Bogotá.

Variable	Referencia	Diagnóstico																																							
Temperatura Máxima Media	<table><tr><th colspan="13">TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)</th></tr><tr><th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th><th>PROMEDIO ANUAL</th></tr><tr><td>19,9</td><td>20,1</td><td>19,9</td><td>19,6</td><td>19,3</td><td>18,8</td><td>18,0</td><td>18,2</td><td>19,2</td><td>19,5</td><td>19,6</td><td>19,7</td><td>19,3</td></tr></table> <p>Weekly Summary Maximum Temperature (°C) 19.9 (ENE) - 19.7 (DIC) Average: 19.3 (°C)</p>	TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)													ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL	19,9	20,1	19,9	19,6	19,3	18,8	18,0	18,2	19,2	19,5	19,6	19,7	19,3	La temperatura máxima media anual de Bogotá es de 19,3°C
TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)																																									
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL																													
19,9	20,1	19,9	19,6	19,3	18,8	18,0	18,2	19,2	19,5	19,6	19,7	19,3																													
Temperatura Mínima Media	<table><tr><th colspan="13">TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)</th></tr><tr><th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th><th>PROMEDIO ANUAL</th></tr><tr><td>7,8</td><td>8,7</td><td>9,6</td><td>10,3</td><td>10,3</td><td>10,1</td><td>9,4</td><td>9,2</td><td>8,8</td><td>8,8</td><td>8,9</td><td>8,7</td><td>9,2</td></tr></table> <p>Weekly Summary Minimum Temperature (°C) 7.8 (ENE) - 10.3 (ABR) Average: 9.2 (°C)</p>	TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)													ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL	7,8	8,7	9,6	10,3	10,3	10,1	9,4	9,2	8,8	8,8	8,9	8,7	9,2	La temperatura mínima media anual de Bogotá es de 9,2°C
TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)																																									
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL																													
7,8	8,7	9,6	10,3	10,3	10,1	9,4	9,2	8,8	8,8	8,9	8,7	9,2																													
Temperatura Media	<table><tr><th colspan="13">TEMPERATURA MEDIA (°C)</th></tr><tr><th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th><th>ANUAL</th></tr><tr><td>14,6</td><td>14,8</td><td>15,0</td><td>15,2</td><td>15,3</td><td>15,0</td><td>14,4</td><td>14,5</td><td>14,6</td><td>14,8</td><td>14,9</td><td>14,9</td><td>14,9</td></tr></table> <p>Weekly Summary Average Temperature (°C) 14.4 (JUL) - 15.3 (MAY) Average: 14.8 (°C)</p>	TEMPERATURA MEDIA (°C)													ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	14,6	14,8	15,0	15,2	15,3	15,0	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	14,9	14,9	La temperatura media anual de Bogotá es de 14,8°C
TEMPERATURA MEDIA (°C)																																									
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL																													
14,6	14,8	15,0	15,2	15,3	15,0	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	14,9	14,9																													

Variable	Referencia	Diagnóstico																																							
Humedad Relativa	<div><table><tr><th colspan="13">HUMEDAD RELATIVA (%)</th></tr><tr><th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th><th>ANUAL</th></tr><tr><td>76</td><td>78</td><td>79</td><td>79</td><td>78</td><td>76</td><td>75</td><td>75</td><td>77</td><td>77</td><td>80</td><td>78</td><td>78</td></tr></table><div><p>Weekly Summary</p><p>Period: 2019-01-01 to 2019-12-31</p><p>Location: BOGOTÁ, COLOMBIA</p><p>Data Source: Weather Data</p></div> </div>	HUMEDAD RELATIVA (%)													ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	76	78	79	79	78	76	75	75	77	77	80	78	78	La Humedad relativa promedio anual de Bogotá es de 78%
HUMEDAD RELATIVA (%)																																									
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL																													
76	78	79	79	78	76	75	75	77	77	80	78	78																													
Precipitación	<div><table><tr><th colspan="13">PRECIPITACIÓN (mm)</th></tr><tr><th>ENE</th><th>FEB</th><th>MAR</th><th>ABR</th><th>MAY</th><th>JUN</th><th>JUL</th><th>AGO</th><th>SEP</th><th>OCT</th><th>NOV</th><th>DIC</th><th>ANUAL</th></tr><tr><td>28,4</td><td>45,0</td><td>72,8</td><td>110,7</td><td>107,7</td><td>58,7</td><td>46,2</td><td>44,7</td><td>64,4</td><td>111,2</td><td>93,3</td><td>58,2</td><td>841,2</td></tr></table></div>	PRECIPITACIÓN (mm)													ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	28,4	45,0	72,8	110,7	107,7	58,7	46,2	44,7	64,4	111,2	93,3	58,2	841,2	La precipitación promedio anual de Bogotá es de 841,2 mm.
PRECIPITACIÓN (mm)																																									
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL																													
28,4	45,0	72,8	110,7	107,7	58,7	46,2	44,7	64,4	111,2	93,3	58,2	841,2																													
Ventilación	<div><p>Prevailing Winds</p><p>Wind Frequency (%)</p><p>Period: 2019-01-01 to 2019-12-31</p><p>Location: BOGOTÁ, COLOMBIA</p><p>Data Source: Weather Data</p> </div>	La dirección predominante del viento de Bogotá es este, con una velocidad promedio de 3,16 m/s.																																							
Radiación solar directa	<div><p>Weekly Summary</p><p>Direct Solar Radiation (W/m²)</p><p>Period: 2019-01-01 to 2019-12-31</p><p>Location: BOGOTÁ, COLOMBIA</p><p>Data Source: Weather Data</p> </div>	La radiación solar directa promedio anual de Bogotá es de aproximadamente 400 W/m².																																							
Nubosidad	<div><p>Weekly Summary</p><p>Average Cloud Cover (%)</p><p>Period: 2019-01-01 to 2019-12-31</p><p>Location: BOGOTÁ, COLOMBIA</p><p>Data Source: Weather Data</p> </div>	La nubosidad promedio anual en Bogotá es de aproximadamente 75%.																																							

A continuación, se realizará una profundización de cada una de las variables climáticas estudiadas con el apoyo de la información y estudios publicados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

- Temperatura del Aire

Entre las variaciones naturales de temperatura se destaca el ciclo estacional anual, el cual se manifiesta en el trópico mucho menos evidente que en las latitudes medias (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2004). La ciudad de Bogotá tiene una temperatura anual promedio de 14,8°C, con una variación de la temperatura del aire media mensual de 0,9°C entre el mes más frío y el mes más caliente. En las elevaciones localizadas en los cerros orientales o hacia la cuenca del río Tunjuelo se observan temperaturas que alcanzan valores medios de 6°C. En marzo, abril, mayo y junio se observan los más altos promedios (entre 15°C y 15,3°C), destacando que la oscilación efectivamente tan solo alcanza menos de 1°C entre las temperaturas de los meses más fríos que son julio y agosto (entre 14,4°C y 14,5°C). Las temperaturas mínimas se presentan en horas de la noche o en la madrugada con temperaturas medias alrededor de 6°C.

Tal y como lo presenta el IDEAM en la caracterización del clima de Bogotá en el año 2004 (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2004), la temperatura media en general presenta tendencias de carácter creciente y tiende a ser de mayor magnitud a razón de los procesos de urbanización que han protagonizado las fuertes dinámicas de expansión de la ciudad y los procesos industriales que se llevan a cabo desde ese año. Lo que afecta simultáneamente a las condiciones de confort térmico al interior de las edificaciones nuevas y antiguas de la ciudad. La distribución de la temperatura media del aire tiene una dirección de norte a sur, con gradientes definidos por los cuerpos montañosos, no obstante, la afectación antropológica ha generado islas de calor que han modificado significativamente las distribuciones de la temperatura, incrementándola en los centros urbanos.

- Humedad Relativa

El comportamiento temporal de la humedad presenta valores medios mayores en los meses de lluvias altas como lo son: marzo, abril y noviembre (79%-80%), en tanto que las menores se presentan en meses de bajas lluvias como julio y agosto (75%). El resto del año la humedad fluctúa sin descensos o ascensos importantes.

- Viento

Debido a la posición geográfica de Colombia, el país está influenciado por los vientos Alisios, los cuales predominan de direcciones Noroeste en el hemisferio norte y Sureste en el hemisferio sur, por tanto las corrientes tienden a quedar paralelas al confluir y debilitarse, dejando una atmosfera poco agitada.

En Bogotá, como lo presenta la caracterización climática realizada por el IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2004), existen vientos generales y locales. Los primeros son de influencia sinóptica, que toman direcciones noreste y sureste y son alisios. Por otro lado, los vientos locales son bastante variables y dependen de la distribución de las precipitaciones. La dirección predominante es Este con una velocidad promedio de 3,6 m/s.

Proviene de la dirección del sur un flujo dominante debido al posible efecto de la cuenca del Río Tunjuelo, este tiene incidencias en toda la ciudad con una evidente disminución en su permanencia y persistencia lo largo del territorio. En el centro de la capital existe un flujo proveniente del este y causado por la incidencia de los cerros orientales. Por otra parte en el norte de la ciudad, ocurre un flujo de viento que se desvía en dirección noreste. En este orden de ideas, en la zona central de la ciudad, se forman choques de aire de frío (provenientes de capas altas) con aire cálido (producidas por el efecto del calentamiento de la ciudad).

- Radiación solar

La radiación solar aproximada promedio en Bogotá es de 400 W/m², los registros más altos corresponden a los meses de enero, febrero, marzo y diciembre respectivamente y los mínimos son mayo y julio.

Por otro lado según el IDEAM, la distribución temporal de la insolación responde a un régimen de carácter bimodal no acentuado inversamente proporcional con los periodos lluviosos (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2004). Por tanto, los meses de mayor radiación son diciembre, enero, febrero, julio, agosto y los menores valores son abril, mayo, junio. En cuanto a la distribución espacial, se observa un comportamiento en sentido de los meridianos que obedece a los efectos de los cerros orientales y a la nubosidad, por tanto, en términos generales hay una configuración de norte a sur alargada.

A pesar de que se considera que la ciudad corresponde a un homoclima, la distribución del brillo solar no es uniforme en la Sabana. Esto incide drásticamente en el calentamiento del suelo y con ello sobre la estabilidad atmosférica, sin contar con la afectación que se genera en el confort térmico de los habitantes de los centros urbanos, quienes adicionalmente se ven perjudicados por las construcciones existentes y el mal manejo de la densificación en las ciudades.

- Precipitación

La precipitación en Bogotá podría describirse básicamente en dos periodos de lluvias importantes, concentrados en los meses de marzo abril y mayo (como primer periodo) y en los meses de septiembre, octubre y noviembre (como segundo periodo). Y entre ellos existen meses de transición en los cuales podrían experimentarse algunos días de lluvia. En general la precipitación promedio anual es de 841,2 mm. En el área urbana, zona de estudio, la precipitación tiene una distribución de carácter bimodal bastante evidente, entre lluviosas y secas.

- Nubosidad

Según los análisis históricos realizados se sabe que los meses más despejados de todo el año corresponden a enero y febrero, por otra parte, los meses con mayor cubrimiento son abril, mayo, junio y octubre. La nubosidad promedio anual es de aproximadamente el 75%. En lo referente a la distribución horaria de la nubosidad, esta tiende a fluctuar mensualmente, teniendo los cambios más importantes en las horas de la noche y la madrugada.

4. FASE EXPERIMENTAL

La metodología planteada anteriormente fue pensada concretamente para la ciudad de Bogotá, Colombia y para oficinas ventiladas naturalmente en esta misma ciudad. La descripción de las oficinas, las características arquitectónicas de los espacios analizados, la recolección de datos, la instrumentación y las encuestas realizadas, están descritas en este capítulo.

4.1. Espacios analizados

Esta investigación concentró su estudio en el análisis de ocho oficinas ubicadas en diferentes zonas de la ciudad de Bogotá, concretamente en la zona oriental de norte a sur (Ilustración 5). Todas naturalmente ventiladas y acondicionadas a través de la operación de ventanas, estrategia más utilizada en la ciudad. Eso indica que ninguno de los espacios evaluados cuenta con un sistema mecánico como aire acondicionado, ventilación mecánica o calefacción.

Ilustración 5. Ubicación de las ocho oficinas (A-H) analizadas en la ciudad de Bogotá.

Fuente: Foto del autor

Todas las oficinas hacen parte de empresas y entidades reconocidas nacional e internacionalmente, principalmente en el gremio del diseño y la construcción, lo que demuestra que esta investigación hace parte del interés y conocimiento de actores fundamentales. En términos generales, todas las oficinas presentan condiciones muy similares con respecto a las actividades que ejecutan los trabajadores, a su ocupación,

a los materiales constructivos, al periodo de construcción de la edificación y a los horarios de trabajo, entre algunas otras.

A continuación, se describe brevemente cada una de las empresas que presentaron sus oficinas para realizar la investigación.

- Oficina A. Ladrillera Santa Fe

Dirección: Carrera 9 # 74-08, Oficina 602, Bogotá.

Página web: <http://santafe.com.co/>

Ladrillera Santa Fe es una empresa industrial colombiana especializada en producir materiales de arcilla para el sector de la construcción. La oficina seleccionada para esta investigación corresponde a las oficinas administrativas de la ciudad de Bogotá y en ella se realizan actividades propias de oficina y se recibe un número controlado de clientes que compran productos al por mayor.

- Oficina B. Setri Sustentabilidad

Dirección: Calle 65 # 2-25, Bogotá.

Página web: <http://www.setri.com.co/wp/>

Setri Sustentabilidad es una empresa colombiana creada con el fin de ayudar a sus clientes a alcanzar un mayor potencial en el área de sustentabilidad individual y corporativa. Son miembros fundadores del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y miembros del US Green Building Council desde el 2009. Sus servicios generales se concentran en la asesoría, auditoría y entrenamiento en temas relacionados con la construcción sostenible y en la minimización de impactos ambientales. La oficina seleccionada para la investigación corresponde a la oficina principal de la compañía en donde se realizan actividades típicas de oficina y se recibe un número controlado de clientes para el seguimiento de procesos.

- Oficina C. GBC Group

Dirección: Carrera 48 # 91-76, Bogotá.

Página web: <http://www.gbcbg.co/>

GBC Group es una empresa dedicada al desarrollo de diseños de proyectos de ingeniería eléctrica y cableado estructurado. Le han apostado en los últimos años a realizar trabajos direccionados con lineamientos de la certificación LEED y por eso se autodenominan como una empresa que defiende las técnicas eléctricas sustentables. Su única sede está ubicada en la ciudad de Bogotá y por tanto está encargada de todas las operaciones y encuentros necesarios con los clientes.

- Oficina D. Amarilo

Dirección: Carrera 19ª # 90-12, Bogotá.

Página web: <http://amarilo.com.co/>

Amarilo es una empresa colombiana de servicios de promoción, gerencia, venta y construcción de proyectos arquitectónicos y urbanos. Tiene presencia en diferentes ciudades del país y en Panamá. La oficina seleccionada para la investigación corresponde a la oficina principal en el país, la cual desarrolla múltiples oficios y tiene un contacto permanente con personas externas. No obstante, las oficinas seleccionadas para la investigación están encargadas de trámites y trabajos interiores y por tanto realizan actividades propias de oficina y tiene visitas ocasionales de los clientes.

- Oficina E. Constructora Prodesa

Dirección: Carrera 19 # 90-10 Piso 7, Bogotá.

Página web: <http://prodesa.com/>

La Constructora Prodesa es una constructora de veintisiete años de experiencia con operaciones en Bogotá, Barranquilla y Miami, con proyectos de vivienda, oficinas y comercio. La oficina seleccionada para la investigación es la única sede de la ciudad de Bogotá. Se escogió una oficina que está dispuesta para el trabajo individual de cada uno de los trabajadores, por lo tanto, no se espera la presencia de personas externas a la empresa en esta área. Las actividades que se realizan son tareas típicas de oficina.

- Oficina F. AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados Colombia

Dirección: Autopista Norte # 114-44, Bogotá.

Página web: <http://www.aia.com.co/es/>

AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados Colombia es una empresa de diseño y construcción de proyectos de ingeniería, arquitectura y urbanismo. Entre algunos de sus proyectos se encuentran cárceles, centros comerciales, hospitales, plantas industriales entre muchos otros. Su sede principal se encuentra ubicada en la ciudad de Medellín, Colombia. No obstante, la oficina seleccionada en la ciudad de Bogotá está encargada de gestionar los proyectos en la capital del país y facilitar el intercambio entre ambas ciudades. Los puestos de oficina estudiados están diseñados para el trabajo individual y para actividades propias de cualquier oficina.

- Oficina G. Arpro Arquitectos e Ingenieros

Dirección: Carrera 19 # 90-10 Piso 9, Bogotá.

Página web: <http://www.arpro.com.co/>

Arpro Arquitectos e Ingenieros es una compañía dedicada al desarrollo, gestión y diseño de espacios inmobiliarios. Las instalaciones que fueron seleccionadas para la investigación corresponden al único y principal centro de la compañía, por lo tanto, se seleccionó una oficina al interior que no tuviera un alto flujo de visitantes. De ahí que en esta solo se registraron puestos de trabajo individuales con un computador.

- Oficina H. Ministerio del Interior de Colombia

Dirección: Carrera 8 # 12b-31, Bogotá.

Página web: <https://www.mininterior.gov.co/>

El Ministerio del Interior de Colombia es un organismo del Poder Ejecutivo a nivel central. Se encarga de ejercer la rectoría, la coordinación, así como de liderar la articulación de las políticas públicas. Es el interlocutor de los asuntos del interior en lo referente a las relaciones políticas dentro de la Nación. La oficina seleccionada hace parte del décimo piso del edificio, específicamente del área de Dirección de infraestructura. Se seleccionaron ciertos puestos de trabajo individuales, salas de juntas y un área de servicios. En donde se realizan algunos trámites y reuniones que requieren actividades tales como el uso de computador, mecanografía, lectura de documentos y reuniones de trabajo en grupos de personas no mayores a diez.

4.1.1. Horarios de trabajo

Las ocho oficinas comparten horarios de trabajos muy similares, a continuación, se encuentran los horarios descritos para cada una de ellas (Tabla 3). Estos horarios corresponden a las horas laboradas de lunes a viernes, en promedio los trabajadores permanecen en su lugar de trabajo 10 horas y 15 minutos, salvo las horas destinadas al almuerzo, las cuales en promedio son 2 horas.

Tabla 3. Horarios de trabajo por oficina.

Identificación oficina	Oficina	Horario de trabajo	Horas de permanencia promedio diaria
A	Ladrillera Santa Fe	7:30 – 18:00	10 h 30 m
B	Setri Sustentabilidad	7:30 – 17:30	10 h
C	GBC Group	7:00 – 18:00	11 h
D	Amarilo	7:30 – 17:30	10 h
E	Constructora Prodesa	8:00 – 18:00	10 h
F	AIA Arquitectos e Ingenieros	8:00 – 18:30	10 h 30 m
G	Arpro Arquitectos e Ingenieros	7:30 – 17:30	10 h
H	Ministerio del Interior de Colombia	8:00 – 18:00	10 h

4.1.2. Densidad de ocupación

La densidad de ocupación de las oficinas se cuantificó a partir de los puestos de trabajo presentes en cada una de las oficinas. A continuación, se presenta la ocupación de cada una de ellas.

Tabla 4. Densidad de ocupación por oficina

Identificación oficina	Oficina	No. Puestos de trabajo	Área (m²)	Densidad ocupación (persona/m²)
A	Ladrillera Santa Fe	37	138,76	3,75
B	Setri Sustentabilidad	8	26,35	3,29
C	GBC Group	22	90,37	4,1
D	Amarilo	2	14,68	7,34
		6	34,17	5,69
		23	11,73	4,85
		11	56,76	5,16
E	Constructora Prodesa	17	46,76	2,75
F	AIA Arquitectos e Ingenieros	18	78,77	4,37
G	Arpro Arquitectos e Ingenieros	8	43,32	5,41

H	Ministerio del Interior de Colombia	55	216,52	3,93
Promedio		19	83,07	4,53

4.1.3. Metabolismo

El balance térmico del ser humano, independiente del ambiente térmico, está influenciado por diferentes factores o parámetros como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura radiante media. No obstante, existen otras variables como las actividades que realizan las personas y la ropa que utilizan, que también tienen una importante incidencia en este balance. Con respecto a la actividad, el 100% de los trabajadores respondieron que trabajan en la computadora a lo largo del día, por lo que se estipuló una tasa metabólica de 1,1 met, que se sugiere en el ASHRAE 55 (2010) para las actividades típicas de computadora y de oficina. Estas tasas fueron utilizadas para la aplicación del PMV.

4.1.4. Aislamiento de ropa (Clo)

El efecto que tiene, específicamente la ropa, está determinado por el aislamiento térmico del conjunto de la vestimenta y por el gradiente de temperatura entre las superficies de la piel y de la ropa (EN ISO 9920:2009, 2010). En el estándar ASHRAE 55, 2010 el aislamiento de la ropa se calcula. Para definir concretamente estos aislamientos, se partió de la tabla de aislamiento de ropa presentada por el estándar ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010) y se utilizaron los métodos 1 y 2 (anunciados en el apéndice B “aislamiento de ropa”) para definir cada uno de los tipos presentados en la tabla 5. En la tabla se presenta el cálculo.

Tabla 5. Cálculo de aislamiento de ropa (Clo)

Tipo	Ensamblaje típico		Adicional	Silla	Total
	No.	I _{cl} , (clo)			
Pantalón, camisa	2	0,61	0	0,15	0,76
Falda, camisa	8	0,67	0		0,82
Pantalón, camisa, chaqueta	3	0,96	0		1,11
Pantalón, camisa, saco	5	1,01	0		1,16
Pantalón, camisa, chaqueta, saco	3	0,96	0,25		1,36
Pantalón, camiseta, camisa, chaqueta	4	1,14	0		1,29
Promedio					1,08

El valor que se tomó para el total de la muestra es el promedio: 1,08.

4.2. Características arquitectónicas espacios analizados

4.2.1. Características interiores

- Oficina A. Ladrillera Santa Fe

- Distribución interior:

La oficina está conformada por dos tipos de distribución; oficinas individuales en cubículos y puestos de trabajos colectivos organizados en forma de u, ambos divididos por una circulación semicompartida y dotadas con computadores de escritorio. La fachada está orientada hacia el oriente y cuenta con ventanas operables. No obstante, la iluminación y ventilación natural se aprovecha en gran parte por las oficinas en cubículos, ya que existe una división de piso a techo que evita que los puestos de trabajo colectivos tengan contacto con la fachada, de ahí que la iluminación de los puestos de trabajo colectivo sea completamente artificial.

Ilustración 6. Planta oficina Ladrillera Santa Fe. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 6. Tabla de especificaciones acabados oficina A. Ladrillera Santa Fe

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Cerámica blanca dimensiones aproximadas 0,60 x 0,60 m.
Cielorraso	Láminas en fibra mineral descolgadas de aproximadamente 0,60 x 0,60 m.
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculantes
Iluminación	Lámparas panel empotradas de rejillas cromadas de 9 celdas
División oficinas	Vidrio templado samblastado aproximadamente de 30% con anclajes en acero
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras metálicas. Soportes y patas metálicas. Divisiones en vidrio templado samblastado de 0,40 m. soportadas con anclajes metálicos.
Sillas	Estructuras en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

*Ilustración 7. Oficina Ladrillera Santa Fe
Fuente: Foto del autor*

- Oficina B. Setri Sustentabilidad

- Distribución interior:

La oficina seleccionada para el análisis corresponde a una oficina de espacio abierto dividido en dos grupos de escritorios. Cuentan con acceso permanente a ventanas operables y están en permanente contacto con la fachada, la cual está orientada al Sur.

Ilustración 8. Planta oficina Setri Sustentabilidad. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 7. Tabla de especificaciones acabados oficina Setri Sustentabilidad

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Piso laminado claro 11 mm
Cielorraso	Mortero bajo placa terminado en vinilo blanco
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculante con vidrio martillado
Iluminación	Lámpara lineal led negra
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras metálicas. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

Ilustración 9. Oficina Setri Sustentabilidad
Fuente: Foto del autor

- Oficina C. GBC Group

- Distribución interior:

La oficina analizada en GBC Group corresponde a un espacio amplio, con contacto únicamente en uno de sus extremos a la fachada orientada al Oriente (fachada posterior) y al occidente (fachada principal). Los escritorios están ubicados hacia uno de los lados de la oficina generando una circulación que sirve a todos los puestos de trabajo. Los escritorios, independientes para cada trabajador, conforman grupos de 4 escritorios. Cada escritorio cuenta con un computador de mesa, y en casi todos los casos, los trabajadores cuentan con dos monitores para cada uno.

Ilustración 10. Planta oficina GBC Group. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 8. Tabla de especificaciones acabados oficina C. GBC Group

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Cerámica blanca dimensiones aproximadas 0,60 x 0,60 m
Cielorraso	Mortero bajo placa terminado en vinilo blanco
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculante
Iluminación	Balas empotradas Dulux
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras en aglomerado. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

*Ilustración 11. Oficina GBC Group
Fuente: Foto del autor*

- Oficina D. Amarilo

○ Distribución interior:

El estudio de Amarilo se realizó en 4 oficinas diferentes, 2 por cada semana. Las oficinas en términos generales comparten ciertas características de distribución. Todas las oficinas están resueltas a partir de módulos de escritorios, los cuales agrupados, generan circulaciones que facilitan el tránsito de todos los trabajadores. En algunos casos, estos escritorios están divididos por cubículos a media altura, pero en todos los escenarios, los espacios son áreas compartidas por todos los trabajadores sin ninguna división que afecte drásticamente el entorno térmico. Salvo las oficinas independientes localizadas en las fachadas, las cuales, con divisiones de piso a techo, tienen contacto permanente con ventanas operables.

Ilustración 12. Planta oficina 1 Amarillo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Planta oficina 2 Amarillo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14. Planta oficina 3 Amarillo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15. Planta oficina 4 Amarillo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 9. Tabla de especificaciones acabados oficina Amarillo

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Laminado
Cielorraso	Placa a la vista
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculante
Iluminación	Lámpara colgante estilo industrial blanca
División oficinas	División piso techo con marco en aluminio y vidrio templado samblastado
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras metálicas. Soportes y patas metálicas. Divisiones en vidrio templado samblastado de 0,40 m. soportadas con anclajes metálicos.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

Ilustración 16. Oficina Amarillo
Fuente: Foto del autor

- Oficina E. Constructora Prodesa

○ Distribución interior:

La oficina de Prodesa está organizada a partir de un mobiliario modular que está instalado en forma de u. No existen divisiones entre los puestos de trabajo y cada trabajador cuenta con un computador portátil. Tiene contacto con la fachada Oriente con ventanas operables permanentemente.

Ilustración 17. Planta oficina Prodesa. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

○ Acabados interiores:

Tabla 10. Tabla de especificaciones acabados oficina Prodesa

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Laminado de 8 mm
Cielorraso	Placa a la vista
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco y ladrillo a la vista
Ventanería	Marco en aluminio con basculante
Iluminación	Lámpara colgante estilo industrial blanca
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras metálicas. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

*Ilustración 18. Oficina Prodesa
Fuente: Foto del autor*

- Oficina F. AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados

o Distribución interior:

La oficina de AIA Arquitectos e Ingenieros es un amplio espacio el cual es aprovechado por medio de un escritorio en “S” que sirve a todos los trabajadores. No tiene divisiones entre cada trabajador, y cuenta con ventilación e iluminación natural permanente con ventanas operables. Cada puesto de trabajo tiene un computador de escritorio.

Ilustración 19. Planta oficina AIA. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 11. Tabla de especificaciones acabados oficina AIA

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Tapete color oscuro
Cielorraso	Placa a la vista con trampas
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco y concreto a la vista en las columnas
Ventanería	Marco en aluminio con basculante
Iluminación	Lámpara circular colgante led
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras metálicas. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro y con espaldar en malla.

*Ilustración 20. Oficina AIA
Fuente: Foto del autor*

- Oficina G. Arpro Arquitectos e Ingenieros

- Distribución interior:

La oficina de Arpro consta de filas de escritorios individuales y un escritorio de mayores dimensiones en el costado izquierdo. La conexión con la fachada se da por medio de tres ventanas que en la parte inferior tiene basculantes operables.

Ilustración 21. Planta oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 12. Tabla de especificaciones acabados oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Tapete color oscuro
Cielorraso	Mortero bajo placa terminado en vinilo blanco
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculante
Iluminación	Lámpara lineal incrustada led
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras en aglomerado enchapadas en fórmica. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro y con espaldar en malla.

Ilustración 22. Oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros
Fuente: Foto del autor

- Oficina H. Ministerio del Interior

- Distribución interior:

Los espacios evaluados en el Ministerio del Interior hacen parte de una serie de oficinas de la planta de dirección de infraestructura del décimo piso. Se escogieron diferentes tipologías de espacios como salas de juntas, zonas de servicio y puestos de trabajo individuales ubicados en un gran espacio. Todos los espacios seleccionados están conectados por una circulación de constante flujo de personas. La conexión con la fachada Norte beneficia principalmente al gran espacio de puestos de trabajo individuales.

Ilustración 23. Planta oficina Ministerio del Interior de Colombia. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia

- Acabados interiores:

Tabla 13. Tabla de especificaciones acabados oficina Ministerio del Interior de Colombia

Ítem	Acabado Arquitectónico
Piso	Cerámica blanca dimensiones aproximadas 0,60 x 0,60 m.
Cielorraso	Mortero bajo placa terminado en vinilo blanco
Muros	Bloque, mortero terminado en vinilo blanco
Ventanería	Marco en aluminio con basculante en la zona superior de la ventana, persianas blancas
Iluminación	Lámparas panel empotradas de rejillas cromadas de 20 celdas
División oficinas	No hay
Escritorios	Superficie en aglomerado, enchapada en fórmica y bordes en PVC. Cajoneras en aglomerado enchapadas en fórmica. Soportes y patas metálicas.
Sillas	Estructura en PVC, polipropileno y metal, tapizadas en paño color oscuro.

*Ilustración 24. Oficina Ministerio del Interior de Colombia.
Fuente: Foto del autor*

4.2.2. Características exteriores

Las oficinas seleccionadas están en su totalidad ubicadas dentro de zonas urbanas de la ciudad de Bogotá, las edificaciones adyacentes a las mismas son en su mayoría edificios de alturas similares. En las zonas estudiadas existe una presencia media-alta de árboles y elementos naturales que esperan controlar los contaminantes y mejorar la calidad de aire, la cual está amenazada por el alto flujo vehicular que caracteriza a la ciudad.

- Oficina A. Ladrillera Santa Fe

El edificio de la Ladrillera Santa Fe es un edificio alargado de diez pisos de altura con tres sótanos, fachada de ladrillo a la vista con ventanería en aluminio. En el costado occidente tiene una vía secundaria, pero con un alto flujo vehicular, en el costado oriental y sur tiene dos edificios de aproximadamente la misma altura con aislamientos de aproximadamente doce metros. Finalmente, al norte está ubicada una casa de dos pisos de altura, la cual tiene jardines y aislamientos de más de diez metros con respecto al edificio en cuestión. Sobre el costado noroccidental hay una presencia importante de árboles de aproximadamente quince metros de altura.

*Ilustración 25. Fachada y ubicación oficina Ladrillera Santa Fe
Fuente: Google Earth*

- Oficina B. Setri Sustentabilidad

La sede de Setri Sustentabilidad es una casa de dos pisos de altura que en el costado norte y sur colinda con vías de un flujo vehicular bajo. Del costado oriental y occidental colinda con dos edificaciones de la misma altura. Y en general es una zona de una edificabilidad baja, no obstante, el desarrollo de la misma ha hecho que con el pasar del tiempo empiecen a evidenciarse edificaciones de alturas de más de diez pisos que en algún momento impactarán en las condiciones climáticas de la oficina en cuestión. La fachada está acabada en ladrillo a la vista.

*Ilustración 26. Fachada y ubicación oficina Setri Sustentabilidad
Fuente: Google Earth*

- Oficina C. GBC Group

La oficina de GBC Group es una casa de dos pisos de altura acabada en mortero y pintura de exteriores color blanco, las ventanas de la fachada tienen una película para el control solar. Está localizada en un barrio de la ciudad con baja edificabilidad y con casas de dimensiones similares. En su fachada principal (orientada al occidente) se

encuentra el espacio público el cual es utilizado como parqueadero, existen algunos árboles en los bordes de calle.

*Ilustración 27. Fachada y ubicación oficina GBC Group
Fuente: Google Earth*

- Oficina D. Amarilo

La oficina de Amarilo es una construcción relativamente nueva que tiene una fachada flotante en vidrio. Está ubicada sobre una vía principal con un altísimo flujo vehicular y peatonal. En los costados noroccidental y suroriental colinda con vías secundarias y en el costado norte está ubicado un edificio de 6 pisos de altura. El edificio tiene zonas de jardines que lo aíslan de las vías vehiculares con elementos verdes de baja altura.

*Ilustración 28. Fachada y ubicación oficina Amarilo
Fuente: Google Earth*

- Oficina E. Constructora Prodesa – Oficina G. Arpro Arquitectos e Ingenieros

El edificio de la constructora Prodesa y también de la oficina de Arpro Arquitectos e Ingenieros es un edificio de menos de cinco años de construido y rodeado de edificios de dos o tres pisos menos. Su fachada está terminada en ladrillo a la vista oscuro y más

del 70% de la misma está conformada por ventanas de piso a techo con ventanería y elementos de protección solar en aluminio oscuros. En el costado sur y occidente colinda con vías de alto flujo vehicular y peatonal, los cuales están aislados por áreas de cesión de jardines y elementos de agua.

Ilustración 29. Fachada y ubicación oficina Prodesa y Arpro Arquitectos e Ingenieros
Fuente: Google Earth

- Oficina F. AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados Colombia

La fachada de la oficina de AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados es una doble piel en vidrio la cual permite un retroceso de las oficinas al interior. Su ubicación sobre la Autopista Norte de la ciudad de Bogotá expone al edificio a niveles de ruido, contaminación y flujos vehiculares y peatonales muy altos. Los edificios circundantes son de alturas similares, sin embargo, el aislamiento entre los mismos es mucho menor que los casos anteriormente descritos. La presencia arbórea en esta zona es especialmente reducida.

Ilustración 30. Fachada y ubicación oficina AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados Colombia.
Fuente: Google Earth

- Oficina H. Ministerio del Interior de Colombia

La oficina del Ministerio del Interior de Colombia es la edificación más antigua de toda la muestra, está ubicada en la zona central de la ciudad de Bogotá y por ende el entorno del edificio está en constante movimiento. Su fachada es en piedra muñeca, así como el espacio público circundante. Su altura se encuentra en el promedio del contexto inmediato, el cual por su relevancia urbana, es altamente densificado y con mínima presencia de espacio verde o cobertura vegetal.

*Ilustración 31. Fachada y ubicación oficina Ministerio del Interior de Colombia.
Fuente: Google Earth*

En resumen, la mayoría de las edificaciones seleccionadas corresponden a edificios con acabados de fachada muy comunes en la ciudad como lo son; el ladrillo a la vista, las dobles pieles en vidrio, o materiales prefabricados como la cerámica y otros.

Por otra parte, todas las edificaciones se encuentran en zonas urbanas y por ende están en permanente contacto con agentes contaminantes, altos niveles de ruido y tráfico vehicular. Prueba de lo anterior es que, en todas las estaciones de la red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá, se han registrado partículas de PM10 y PM2.5 y contaminantes como el ozono, (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), entre otros (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

No obstante, a la fecha en Colombia no existe ninguna normativa que regule la forma en cómo se protegen las edificaciones de estos contaminantes y específicamente, que garantice las condiciones mínimas de confort térmico necesarias en escenarios urbanos como Bogotá. Ignorando entonces cuestiones importantes como la estanqueidad del aire y las altas infiltraciones.

4.3. Recolección de datos

La encuesta inicial, como su nombre lo indica, se hizo en el primer encuentro con los encuestados, y se realizó luego de seleccionar a las personas de cada oficina que estuvieran dispuestas a colaborar con la investigación y asegurarse que pudieran asistir en las horas indicadas.

Por otra parte, la encuesta de seguimiento se realizó durante una semana laboral, 5 días o más en caso tal que no se diligenciaran el número de encuestas requeridas en ese periodo. En cada uno de esos días se realizaron 4 encuestas a lo largo del día para evitar que los cambios de entrada y salida del espacio de trabajo afectaran los resultados finales como sugiere el ASHRAE 55 y para poder evaluar el comportamiento climático y sensación térmica diaria. Las horas sugeridas de respuesta fueron 8:00,11:00,14:00 y 16:00.

El periodo de monitoreo por cada una de las oficinas fue de una semana teniendo en cuenta que la temperatura promedio diaria y mensual en Bogotá es constante en todo el año y por lo mismo, no se requieren verificaciones adicionales en otras fechas.

Tabla 14. Fechas de medición por oficina

Identificación oficina	Oficina	Fechas de recolección de datos
A	Ladrillera Santa Fe	23/04/2018-27/04/2018
B	Setri Sustentabilidad	02/05/2018-07/05/2018
C	GBC Group	16/03/2018-23/03/2018
D	Amarilo	Semana 1: 9/04/2018-12/04/2018
		Semana 2: 16/04/2018-21/04/2018
E	Constructora Prodesa	Semana 1: 05/03/2018-09/03/2018
		Semana 2:12/03/2018-16/03/2018
F	AIA Arquitectos e Ingenieros	19/02/2018-23/02/2018
G	Arpro Arquitectos e Ingenieros	26/02/2018-02/03/2018
H	Ministerio del Interior	07/05/2018-11/05/2018

Como es de esperarse uno de los principales problemas fue hacer el seguimiento a cada uno de los trabajadores y que efectivamente se consiguieran el número de respuestas diarias requeridas. Sin embargo, por lo general todos los participantes colaboraron activamente con el diligenciamiento de las encuestas y en muy pocos casos se extendió el tiempo de muestreo, como por ejemplo en algunos días festivos.

Finalmente, estos datos fueron analizados mediante el uso de estadística descriptiva, con la cual se comprendió la percepción, sensación, preferencia y aceptación térmica

por separado y según las características de la muestra, como por ejemplo; el sexo, peso, tiempo en el trabajo etc. Posteriormente, se analizaron las relaciones entre estas variables a partir de regresiones multivariadas, lo último con el fin de construir un modelo que tuviera en cuenta la mayor cantidad de variables.

4.4. Instrumentación

De una amplia oferta de equipos en el mercado se escogieron tres para la obtención de los datos interiores; un *HOBO Data Loggers U12-012*, un sensor de velocidad del aire *T-DCI-F900-S-O* y un termómetro de globo *HEAT INDEX WBGT METER DATALOGGER*. Los equipos fueron ubicados en cada una de las ocho oficinas en una base ubicada a un metro (1m) de altura y a una distancia promedio de los puestos de trabajo evaluados.

*Ilustración 32. Imágenes de mediciones realizadas a las oficinas analizadas.
Fuente: Foto del autor*

*Ilustración 33. Equipo utilizado para la investigación HOBOT Data Loggers U12-012
Fuente: Imagen tomada de: <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-012> (12/2019)*

El HOBOT fue utilizado para la medición de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) e iluminación (lux). Las características y especificaciones del equipo están representadas en la (Tabla 15) y fueron tomadas y traducidas de la página del distribuidor ONSET.

Tabla 15. Tabla de características y especificaciones equipo HOBO Data Loggers U12-012

Rango de medición	
Temperatura	-20° a 70°C (-4° a 158°F)
Humedad Relativa	5% a 95% HR
Iluminación	1 a 3000 footcandles (lumens/ft ²) típico; valor máximo varía desde 1500 a 4500 footcandles (lumens/ft ²)
Canales análogos	0 a 2,5 Vdc (w/CABLE-2.5-STEREO); 0 a 5 Vdc (w/CABLE-ADAP5); 0 a 10 Vdc (w/ CABLE-ADAP10); 4-20 mA (w/CABLE-4-20MA)
Precisión	
Temperatura	± 0,35°C de 0° a 50°C (± 0,63°F de 32° a 122°F)
Humedad Relativa	± 2,5% de 10% a 90% HR típica, hasta un máximo ±3,5% incluyendo histéresis a 25°C (77°F); por debajo de 10% y por encima de 90% ±5% típica
Iluminación	Diseñado para la medición en interiores de niveles relativos de luz
Canal de entrada externo	± 2 mV ± 2.5% de lectura absoluta
Resolución	
Temperatura	0,03°C a 25°C (0,05°F a 77°F)
Humedad Relativa	0,05% HR
Frecuencia de muestreo	1 segundo a 18 horas
Deriva	
Temperatura	0,1°C/año (0,2°F/año)
Humedad Relativa	<1% por año típico; HR histéresis 1%
Tiempo de respuesta en flujo de aire de 1 m / s (2,2 mph)	
Temperatura	6 minutos, típica a 90%
Humedad Relativa	1 minuto, típica a 90%
Precisión del tiempo	
± 1 minuto por mes a 25°C (77°F)	
Temperatura Operativa	
Logging	-20° a 70°C (-4° a 158°F); 0 a 95% HR (sin condensación)
Lanzamiento / lectura	0° a 50°C (32° a 122°F)

Por otro lado, las características del sensor de velocidad son las siguientes:

Ilustración 34. Equipo utilizado para la investigación T-DCI-F900-S-O
Fuente: Imagen tomada de: <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/t-dci-f900-s-o> (12/2019)

Tabla 16. Tabla de características y especificaciones equipo T-DCI-F900-S-O

Rango del modelo	0,15 - 5 m/s (30 - 985 fpm)
Precisión	Más del 10% de lectura o +/-0,05 m/s o 1% escala plena
Estándar medio	Aire en la presión estándar (101,3 kPa, 29,95" Hg),
Rango de temperatura operativa	15 – 35 °C (59 – 95 F),
Almacenamiento de temperatura	-10 a 100C
Tiempo de respuesta	1,5 segundos

Y finalmente el termómetro de globo, el cual fue utilizado para la medición de la temperatura de globo con la cual luego fue posible calcular la temperatura media radiante. Las características de este último equipo son las siguientes.

Ilustración 35. Equipo utilizado para la investigación HEAT INDEX WBGT METER DATALOGGER
Fuente: Imagen tomada de: <https://inspectusa.com/Lutron/manuals/WBGT-2010SD-manual.pdf> (12/2019)

Tabla 17. Tabla de características y especificaciones equipo HEAT INDEX WBGT METER DATALOGGER

Rango de medición interno	0,00°C a 59°C (32,0°F a 138°F)
Precisión de medición interna	± 1°C.

El HOBO cumple con los requerimientos descritos en la ISO 7726 (UNE-EN ISO 7726, 2002). Por otro lado, el sensor de velocidad de aire no cumple con el mínimo intervalo de medida (0,05 m/s a 1 m/s) y el tiempo de respuesta (0,5s). No obstante, esta diferencia no desvirtúa los hallazgos generales, teniendo en cuenta que la aplicación del modelo PMV se basa en una serie de suposiciones (por ejemplo, sobre la tasa metabólica y los valores de aislamiento de ropa) que influyen en el nivel de precisión general. Estas limitaciones deberán tenerse en cuenta en la evaluación final de los resultados (Natarajan et al., 2015).

La estación meteorológica del Centro de Alto Rendimiento, con la cual se obtuvieron los datos exteriores, está ubicada a 0 metros sobre el nivel del suelo, en una zona verde, el punto de muestra está a 4,6 metros sobre el nivel del suelo y la altura del viento con respecto al suelo es de 10 metros.

En el transcurso de la toma de datos se presentó únicamente un inconveniente con los datos exteriores. Inicialmente se planteó la intención de realizar la medición de datos exteriores con un *data logger* y efectivamente en campo así se realizó, no obstante, los datos obtenidos presentaban incongruencias y no eran compatibles con los promedios esperados para Bogotá y los datos reportados por las estaciones meteorológicas de la ciudad. Por consiguiente, se optó por utilizar los datos horarios de la estación previamente mencionada, los cuales están soportados por la Secretaría de Ambiente de la ciudad de Bogotá.

4.5. Encuestas

Para el desarrollo de la investigación se realizó un monitoreo de una semana a cada una de las ocho oficinas previamente mencionadas. Este tenía como propósito evaluar la preferencia y sensación térmica de los trabajadores durante dicho periodo, del cual, igualmente se obtuvieron los datos climáticos interiores y exteriores. Lo anterior, con el fin de contrastar las respuestas de los encuestados con el comportamiento térmico semanal de cada espacio. La preferencia y sensación térmica se registraron por medio de la realización de dos tipos de cuestionarios o encuestas basadas en las escalas

internacionalmente utilizadas; uno inicial, el cual se realizó el primer día y hora de la evaluación (Tabla 18). Y otro de seguimiento a lo largo de toda la semana de medición y en cuatro momentos diferentes durante el horario laboral (Tabla 19).

Tabla 18. Encuesta inicial

Fecha:		Ficha #		Lugar de Trabajo	Ubicación Lugar	Imagen Persona
Ubicación:						
Nombre:						
Teléfono:						
Edad:		Género:	M_ F_			
Peso aproximado:		Estatuta:				
Horario de Trabajo:						
¿Hace cuánto tiempo vive en Bogotá?						
¿Hace cuánto tiempo trabaja en este lugar?						
¿Qué ropa usa en su lugar de trabajo?						
¿Qué tareas realiza?						
¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Frío	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy caluroso
¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?						
-2	2	0	+1	+2		
Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso		
¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
1	2	3	4	5	6	
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable	
¿Cómo percibe el movimiento de aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente alto	Alto	Muy alto
¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente húmedo	Húmedo	Muy húmedo
¿Cómo percibe la calidad de aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muy mala	Mala	Ligeramente mala	Adecuada	Ligeramente buena	Buena	Excelente
¿Cómo califica su lugar de trabajo?						
-1			+1			
Generalmente aceptable			Generalmente inaceptable			

Tabla 19. Encuesta de seguimiento

Nombre:						
Fecha:				Hora:		
¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Frío	Fresco	Ligeramente Fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy caluroso
¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?						
-2		-1	0	+1	+2	
Mucho más frío		Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso	
¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
1	2	3	4	5	6	
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable	
¿Cómo califica su lugar de trabajo?						
-1			+1			
Generalmente aceptable			Generalmente inaceptable			

La preferencia térmica se evaluó por medio de una encuesta inicial a los trabajadores, en donde se formularon preguntas relacionadas con su percepción del puesto de trabajo y otras características de este, tales como; el movimiento del aire, la humedad, la calidad de la iluminación y la temperatura. En esta fase inicial se formularon adicionalmente preguntas básicas como la edad, género, peso aproximado, horario de trabajo, estatura,

actividades realizadas en las horas laborales, ropa utilizada en el trabajo, tiempo de residencia en la ciudad de Bogotá y tiempo total de permanencia en esa oficina.

Los principales problemas que se experimentaron en esta fase estaban relacionados con la terminología y conocimientos de los conceptos por parte de los trabajadores encuestados. Algunas de las preguntas parecían para ellos muy similares entre sí y además las posibles respuestas no parecían tener la suficiente claridad. Por esta razón se realizó un esfuerzo adicional para explicar cada uno de los conceptos y el objetivo de la actividad en todas las oficinas muestreadas para evitar errores en la realización de la misma. Se realizaron algunos ejercicios de prueba para asegurarse que las dudas estuvieran aclaradas y que las respuestas estuvieran relacionadas netamente con factores climáticos y no con aspectos adicionales como estética, comodidad, relaciones interpersonales etc.

Igualmente, a lo largo de la semana se realizó una encuesta de seguimiento, por medio de la cual se hizo un registro de la sensación térmica durante el periodo monitoreado. Las preguntas de esta encuesta de seguimiento eran muy similares a las presentadas en la encuesta inicial así que los trabajadores ya estaban relacionados con las mismas.

Antes de contestar las encuestas de seguimiento, las cuales se encontraban escritas en español, se le explicó a cada uno de los participantes nuevamente el funcionamiento de las mismas y se respondieron preguntas adicionales acerca del procedimiento.

Cada una de las opciones de respuesta, de ambos cuestionarios, fue guiada por las indicaciones existentes en el estándar ASHRAE 55 2010. Se tuvo en cuenta 1) el voto de la sensación térmica medido con la escala Bedford, donde los participantes registraron de -3 a +3 de frío a muy caluroso (teniendo las opciones medias de fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, y caluroso) su percepción del contexto. Así como la percepción de los trabajadores con respecto a la calidad del aire, humedad e iluminación de cada una de las oficinas. 2) El voto de confort térmico, medido por la satisfacción o insatisfacción con que los trabajadores encontraron su área de trabajo (teniendo las opciones de muy confortable, confortable, ligeramente confortable, ligeramente inconfortable, inconfortable y muy inconfortable). 3) El voto de preferencia térmica con las opciones de respuesta de mucho más frío, un poco más frío, igual, un poco más caluroso y mucho más caluroso. Y finalmente, 4) el voto de aceptabilidad térmica capturado en la escala de generalmente aceptable y generalmente inaceptable.

Escala y votos utilizados en los estándares internacionales como ASHRAE 55 y en la literatura (Fabbri, 2015).

Es importante mencionar que uno de los problemas metodológicos que se experimentaron en esta fase fue la traducción de los estándares internacionales y escalas de votos al español. Puesto que la traducción de las categorías y/u opciones de respuesta en algunos casos no tenían una traducción exacta. Esto se resolvió mediante la consulta bibliográfica de algunos trabajos realizados en español y se escogieron los términos que se consideraron más ajustados.

Durante el monitoreo, se hizo un seguimiento telefónico para asegurarse que las respuestas se estuvieran realizando en los horarios sugeridos o que en su defecto se realizaran de una forma acorde a las necesidades de la investigación. Lo que requirió un esfuerzo importante ya que en muchos casos las personas olvidaban diligenciar la encuesta a la hora indicada y por tanto el procedimiento debía extenderse un poco más hasta completar el número de respuestas requeridas.

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los datos obtenidos en el trabajo de campo. En primera media, se presentan todos los resultados de cada una de las oficinas muestreadas. Posteriormente, se dividen la totalidad de los resultados en cinco secciones; 1) caracterización de personas encuestadas, 2) datos climáticos, 3) encuestas, 4) relación entre votos de confort térmico y características de personas encuestadas y por último, 5) la relación entre datos climáticos y votos de confort térmico. En la caracterización de personas encuestadas se describen cada una de las variables evaluadas a las personas encuestadas con el fin de generar un perfil estándar de la muestra. En la sección de datos climáticos, se presentan las variables climáticas (externas e internas) muestreadas, también discriminadas en cada una de las oficinas. En la sección de encuestas se presentan los votos obtenidos tanto en el cuestionario inicial como en el de seguimiento, posteriormente en la sección de relación de votos de confort térmico y características de las personas encuestadas se relacionan los votos con respecto al perfil definido en la sección 5.2 y finalmente en la última sección, estos datos se relacionan con respecto a las variables climáticas evaluadas al interior de las oficinas analizadas.

5.1. Mediciones y encuestas por oficina

5.1.1. Oficina Ladrillera Santa Fe

- Mediciones exteriores e interiores

Las mediciones exteriores demuestran que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 25°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 45% (Ilustración 36 y Tabla 20).

Ilustración 36. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Ladrillera Santa Fe

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	15,6°C	64,6%
Máximo	21,9°C	84,0%
Mínimo	9,9°C	41,0%

Respecto a los valores interiores y como se observa en la tabla 21 e ilustración 37; la temperatura del aire interior tiene una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 3,2°C, mientras que los datos exteriores variaron 12°C en promedio. Respecto a la humedad relativa interior, se observa una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 15%, mientras que los datos exteriores variaron un 40% en promedio. La iluminación interior presenta un comportamiento constante (410 lux) y la noche (12 lux). Por último, la velocidad interior muestra valores muy bajos sobre los 0,04 m/s, indicando que los ocupantes no operaron las aperturas. Se observa el comportamiento constante de los diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina.

Ilustración 37. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Ladrillera Santa Fe

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	23,09°C	45,37%	272,5 lux	0,059 m/s
Máximo	24,82°C	55,02%	571,6 lux	0,427 m/s
Mínimo	21,58°C	39,75%	3,9 lux	0 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (Ilustración 38) durante el tiempo de medición de la oficina. Se observa claramente que las temperaturas al interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores y estas tuvieron un comportamiento más constante que la temperatura exterior.

Ilustración 38. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe
Fuente: Elaboración propia

- Encuesta inicial

En la ilustración 39, se resumen los resultados de la encuesta inicial. Se puede inferir que la mayoría de personas perciben su lugar ligeramente caluroso y les gustaría sentirse un poco más frío, sin embargo lo encuentran confortable y aceptable. Los niveles de iluminación, la calidad del aire y su humedad relativa la encuentran adecuada, sin embargo el movimiento del aire es bajo, lo que confirma los datos tomados en la oficina sobre los bajos valores de velocidad del aire.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
14.286%	0.000%	14.286%	14.286%	42.857%	0.000%	14.286%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.0000%	42.8571%	0.0000%	57.1429%	0.0000%	0.0000%	0.0000%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0.0000%	57.1429%	28.5714%	14.2857%	0.0000%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
14.2857%	14.2857%	28.5714%	42.8571%	0.0000%	0.0000%	0.0000%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.0000%	42.8571%	42.8571%	14.2857%	0.0000%	0.0000%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
14.2857%	0.0000%	0.0000%	42.8571%	14.2857%	28.5714%	0.0000%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
42.8571%	42.8571%	14.2857%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
85.7143%	14.2857%

*Ilustración 39. Resultados encuestas iniciales de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia*

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 22, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica. En total se obtuvieron 85 votos en donde la mayoría de respuestas (45%) dieron confortable (-1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Fresco (-2).

Tabla 22. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Ladrillera Santa Fe

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	5	30	4	16	18	12	0
Porcentaje de votos	6%	35%	5%	19%	21%	14%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 40). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 22,1°C y 24,4°C.

Ilustración 40. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica. En total se obtuvieron 85 votos en donde la mayoría de respuestas (51%) prefieren sentirse igual.

Tabla 23. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Ladrillera Santa Fe

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	5	30	43	7	0
Porcentaje de votos	6%	35%	51%	8%	0%

Cada uno de los votos de preferencia térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los

votos (Ilustración 41). En estos se observa que las personas prefieren su espacio con temperaturas operativas entre los 22,1°C y 24,4°C.

Ilustración 41. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica. En total se obtuvieron 85 votos en donde la mayoría de respuestas (61%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 6% encontraron su lugar de trabajo inconfortable.

Tabla 24. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ladrillera Santa Fe

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	2	52	22	4	5	0
Porcentaje de votos	2%	61%	26%	5%	6%	0%

Cada uno de los votos de sensación se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 42). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 22,1°C y 24,4°C.

Ilustración 42. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica. En total se obtuvieron 85 votos en donde la mayoría de respuestas (91%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 25. Resultados de encuestas de aceptación térmica oficina Ladrillera Santa Fe

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	77	8
Porcentaje de votos	91%	9%

Cada uno de los votos de aceptación térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 43). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable.

Ilustración 43. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 y la ilustración 44, se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina durante cada uno de los 85 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,9871$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de Ladrillera Santa Fe.

Tabla 26. Resultados de PMV y PPD oficina Ladrillera Santa Fe

	PMV	PPD
Promedio	0,092	5%
Mínimo	-0,29	5%
Máximo	0,31	7%

Ilustración 44. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Ladrillera Santa Fe.
Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Oficina Setri Sustentabilidad

- Mediciones exteriores e interiores

Las mediciones exteriores muestran que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 17°C y 23°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 50% (Ilustración 45 y Tabla 27).

Ilustración 45. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Setri Sustentabilidad

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	14,11°C	71,9%
Máximo	22,8°C	88%
Mínimo	9,6°C	35%

Respecto a los datos interiores, el comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición, reflejan una alta inercia térmica. Particularmente se observan bajos valores de temperatura del aire y altos valores de iluminación.

La temperatura del aire interior presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 3,8°C, mientras que los datos exteriores variaron 13°C en promedio. Igualmente, la mayor temperatura del aire registrada al interior de la

oficina fue de 20,69°C, relativamente baja comparada con las demás oficinas analizadas.

La humedad relativa interior muestra una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 12%, mientras que los datos exteriores variaron un 35% en promedio. Durante los primeros momentos de la medición se observa un aumento considerable en los valores de humedad relativa, alcanzando un valor de 93,44%, que no es común en este tipo de espacios, consideramos que pudo haber ocurrido por una causa externa, que no pudo ser identificada.

Respecto a la iluminación interior se observa un comportamiento constante en los valores de iluminación del día sobre los 1,200 lux, niveles de iluminación altos considerando la normatividad colombiana que establece para oficinas un valor máximo de 1,000 lux. La velocidad del aire presenta valores muy bajos sobre los 0,06 m/s. Esto quiere decir que los ocupantes de la oficina no operaron las aberturas operables dentro del espacio, posiblemente debido a las bajas temperaturas presentadas al interior.

*Ilustración 46. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia*

Tabla 28. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Setri Sustentabilidad

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	18,55°C	65,31%	326,87 lux	0,0591 m/s
Máximo	20,69°C	93,44%	1635 lux	0,427 m/s
Mínimo	16,84°C	54,68%	3,9 lux	0 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (Ilustración 47) durante el tiempo de medición de la oficina. Se puede observar que la temperatura del aire, radiante y operativa son muy similares y su comportamiento es constante y varía muy poco con los cambios en la temperatura del aire exterior.

Ilustración 47. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia

- Encuesta inicial

En la ilustración 48, se resumen los resultados de la encuesta inicial. Se puede observar que la totalidad de las personas perciben su lugar frío y les gustaría sentirse un poco más caluroso, sin embargo el 40% lo encuentra ligeramente confortable y el 100% aceptable, independiente de los bajos valores de temperatura del aire registrados. Los niveles de iluminación, el movimiento del aire, calidad del aire y la humedad relativa la encuentran adecuada.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0%	0%	40%	40%	20%	0%	0%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0%	0%	0%	100%	0%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0%	0%	0%	40%	20%	20%	20%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0%	0%	0%	40%	0%	20%	40%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
1	2	3	4	5	6	
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable	
0%	0%	40%	60%	0%	0%	

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
0%	40%	20%	40%	0%	0%	0%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100%	0%

Ilustración 48. Resultados encuestas iniciales de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 29 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica. En total se obtuvieron 19 votos en donde la mayoría de respuestas (64%) percibieron su espacio fresco o ligeramente fresco (-1, y -2). Ninguna respuesta se obtuvo para las percepciones de Ligeramente caluroso, caluroso y muy caluroso (1, 2 y 3).

Tabla 29. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Setri Sustentabilidad

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	4	6	6	3	0	0	0
Porcentaje de votos	21%	32%	32%	16%	0%	0%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las personas de la oficina Setri Sustentabilidad se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada

uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 49). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 17,8°C y 20,2°C.

Ilustración 49. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica. En total se obtuvieron 19 votos en donde la mayoría de respuestas (74%) prefieren sentirse un poco más caluroso.

Tabla 30. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Setri Sustentabilidad

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	0	1	14	4
Porcentaje de votos	0%	0%	5%	74%	21%

Cada uno de los votos de preferencia térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 50). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual con temperaturas operativas sobre los 20,2°C.

Ilustración 50. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica. En total se obtuvieron 19 votos en donde la mayoría de respuestas (79%) encontraron su lugar de trabajo ligeramente confortable y solamente un 5% encontraron su lugar de trabajo inconfortable.

Tabla 31. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Setri Sustentabilidad

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	0	0	15	3	1	0
Porcentaje de votos	0%	0%	79%	16%	5%	0%

Cada uno de los votos de sensación térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 51). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 17,8°C y 20,2°C.

*Ilustración 51. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 32 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica. En total se obtuvieron 19 votos en donde la mayoría de respuestas (79%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 32. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Setri Sustentabilidad

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	15	4
Porcentaje de votos	79%	21%

Cada uno de los votos de aceptación térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 52). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 17,8°C y 20,2°C.

Ilustración 52. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 y la ilustración 53 se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina durante cada uno de los 19 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,99$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de Setri Sustentabilidad.

Tabla 33. Resultados de PMV y PPD oficina Setri Sustentabilidad

	PMV	PPD
Promedio	-0,96	26%
Mínimo	-1,32	16%
Máximo	-0,72	41%

Ilustración 53. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Setri Sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Oficina GBC Group

- Mediciones exteriores e interiores

Las mediciones exteriores muestran que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 23°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra entre los 20% y 45% (Ilustración 54 y Tabla 34).

Ilustración 54. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina GBC Group

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	15,2°C	65,7%
Máximo	24,4°C	89%
Mínimo	4,8°C	21%

Respecto a los datos interiores, en la ilustración 55 y tabla 35 se presenta la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición. En esta se observa que el comportamiento de la temperatura y humedad relativa tienen una mayor variación día-noche que las otras oficinas analizadas.

La temperatura del aire muestra una alta variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor de hasta 10°C, similar a la variación de los datos exteriores la cual tienen una variación promedio de 14°C. Por otro lado, la humedad relativa interior de la

oficina presenta una alta variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 30%, muy similar a la variación de la humedad relativa exterior que en promedio fue de un 40%. La iluminación presenta un comportamiento promedio bajo durante las horas del día alcanzando un valor promedio de 225 lux. La velocidad del aire interior presenta que durante las horas del día algunos días tuvieron velocidades por encima de los 0,3 m/s, lo que implica que en estos periodos las personas pudieron percibir la velocidad del aire interior.

Ilustración 55. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina GBC Group.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina GBC Group

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	22,54°C	48,01%	49,24 lux	0,063 m/s
Máximo	28,79°C	57,83%	55,80 lux	0,4 m/s
Mínimo	17,51°C	28,55%	11,8 lux	0,058 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (Ilustración 56) durante el tiempo de medición de la oficina. Se observa claramente que las temperaturas del aire interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores y estas tuvieron un comportamiento o variación día noche muy similar a la temperatura exterior.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
11.111%	0.000%	11.111%	11.111%	33.333%	33.333%	0.000%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.000%	55.556%	11.111%	33.333%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
11.111%	66.667%	22.222%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.000%	22.222%	22.222%	22.222%	0.000%	33.333%	0.000%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.000%	33.333%	44.444%	22.222%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
11.111%	44.444%	11.111%	22.222%	0.000%	11.111%	0.000%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
11.111%	33.333%	22.222%	22.222%	0.000%	11.111%	0.000%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
66.667%	33.333%

Ilustración 57. Resultados encuestas iniciales de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 36 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica. En total se obtuvieron 116 votos en donde la mayoría de respuestas (52%) respondieron confortablemente (-1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Fresco (-2).

Tabla 36. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina GBC Group

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	2	32	7	28	26	19	2
Porcentaje de votos	2%	28%	6%	24%	22%	16%	2%

Cada uno de los votos de percepción térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 58). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 21,5°C y 26,8°C.

Ilustración 58. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica. En total se obtuvieron 116 votos en donde la mayoría de respuestas (49%) prefieren sentirse igual.

Tabla 37. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina GBC Group

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	10	41	57	8	0
Porcentaje de votos	9%	35%	49%	7%	0%

Cada uno de los votos de preferencia térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 59). En estos se observa que las personas prefieren su espacio con temperaturas operativas iguales entre los 21,5°C y 26,2°C.

Ilustración 59. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica. En total se obtuvieron 116 votos en donde la mayoría de respuestas (64%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 15% encontraron su lugar de trabajo ligeramente inconfortable.

Tabla 38. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina GBC Group

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	2	64	20	15	0	0
Porcentaje de votos	2%	64%	20%	15%	0%	0%

Al mismo tiempo, cada uno de los votos de sensación térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 60). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (Votos 1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 21,5°C y 27°C.

Ilustración 60. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica realizadas a la oficina GBC Group. En total se obtuvieron 116 votos en donde la mayoría de respuestas (97%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 39. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina GBC Group

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	112	4
Porcentaje de votos	97%	3%

Cada uno de los votos de aceptación térmica se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 61). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 21,5°C y 27°C.

Ilustración 61. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina GBC Group.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40, y la Ilustración 62, se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina de GBC Group durante cada uno de los 116 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,9172$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas de percepción térmica presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de GBC Group.

Tabla 40. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group

	PMV	PPD
Promedio	0,469	12%
Mínimo	-0,47	5%
Máximo	0,96	24%

Ilustración 62. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina GBC Group.

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Oficina Amarillo

- Mediciones exteriores e interiores

Las mediciones exteriores muestran que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 23°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 45% (Ilustraciones 63, 64, 65 y 66 y Tabla 41).

Ilustración 63. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 1 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 64. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 65. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 3 Amarillo .
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 66. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 4 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina 1 Amarillo

Variable de medición	Oficina 1	Oficina 2	Oficina 3	Oficina 4
Temperatura exterior promedio	15,11°C	14,43°C	15,52°C	15,1°C
Temperatura exterior máxima	22,8°C	17,9°C	21,3°C	21,3°C
Temperatura exterior mínima	11,6°C	12°C	9,8°C	10,3°C
Humedad relativa exterior promedio	74%	77,08%	67,15%	61,9%
Humedad relativa exterior máxima	88%	88%	85%	78%
Humedad relativa exterior mínima	41%	61%	44%	43%

En las ilustraciones 67, 68, 69 y 70 se presentan el Comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición. En estas ilustraciones se observa el comportamiento constante de los

diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina, excepto de la oficina No. 4 que presenta una variación mayor, respecto a las otras oficinas.

La temperatura del aire presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 2,8°C para las oficinas 1 y 2 y hasta 6°C para las oficinas 3 y 4, mientras que los datos exteriores variaron 12°C en promedio. La humedad relativa tiene una baja variación en los datos día – noche, los cuales alcanzaron un valor promedio de 10% para las oficinas 1, 2 y 3 y de 20% para la oficina 4, mientras que los datos exteriores variaron un 38% en promedio. La iluminación interior presenta un comportamiento constante en los valores de iluminación del día de 200 lux para la oficina 1, 350 lux para la oficina 2, 1,500 lux para la oficina 3 y 1,200 para la oficina 4. La velocidad del aire muestra que los valores promedio al interior de cada oficina fueron muy bajos sobre los 0,064 m/s. Esto quiere decir que los ocupantes de la oficina no operaron las aberturas operables dentro del espacio de manera constante, pues en algunas ocasiones se midieron altas velocidades del aire.

Ilustración 67. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 1 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 68. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 69. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 3 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 70. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 4 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 1 Amarillo

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	21,7°C	58,99%	126,73 lux	0,064 m/s
Máximo	22,7°C	62,21%	224,7 lux	0,305 m/s
Mínimo	20,41°C	52,2%	11,8 lux	0,064 m/s

Tabla 43. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 2 Amarillo

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	20,64°C	62,78%	22 lux	0,067 m/s
Máximo	21,55°C	68,18%	1202 lux	0,2 m/s
Mínimo	19,41°C	58,06%	11,8 lux	0,064 m/s

Tabla 44. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 3 Amarillo

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	23,18°C	49,84%	832 lux	0,068 m/s
Máximo	30°C	56,70%	32280 lux	0,34 m/s
Mínimo	22,13°C	32,97%	11,8 lux	0,0 m/s

Tabla 45. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 4 Amarillo

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	21,76°C	49,84%	2140 lux	0,44 m/s
Máximo	30°C	56,7%	32280 lux	1,35 m/s
Mínimo	17,46°C	32,97%	4,3 lux	0,0 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire en cada una de las cuatro oficinas (ilustraciones 71, 72, 73 y 74) durante el tiempo de medición de la oficina. Se observa

claramente que las temperaturas la interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores y estas tuvieron un comportamiento más constante que la temperatura exterior, excepto en un momento de la oficina 1. Igualmente se observa las altas temperaturas radiantes que se alcanzan a presentar en la oficina 4, mientras que en las otras tres oficinas las temperaturas del aire y la radiante fueron muy cercanas.

Ilustración 71. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 1 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 72. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

*Ilustración 73. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 3 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 74. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 4 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia*

- Encuesta inicial

En las ilustraciones 75, 76, 77 y 78 se resumen los resultados de la encuesta inicial realizada a las personas encuestadas de cada una de las cuatro oficinas de Amarillo, se presentan los resultados de manera individual, teniendo en cuenta las diferencias en la forma, número de personas y mediciones de los datos climáticos de cada una de las oficinas.

En las oficinas 1, 2 y 4 la mayoría personas perciben su lugar de trabajo fresco, mientras que en la oficina 3 la mayoría de personas lo perciben caluroso. En las oficinas 1, 2 y 4

a las personas les gustaría sentirse igual, mientras que en la oficina 3 les gustaría sentirse un poco más frío. La mayoría de las personas de las cuatro oficinas se sienten confortables y aceptan su lugar de trabajo, mientras que el movimiento del aire, la calidad del aire y los niveles de iluminación lo perciben principalmente, ligeramente malo.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.000%	50.000%	50.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.000%	0.000%	0.000%	100.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0.000%	0.000%	50.000%	50.000%	0.000%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.000%	50.000%	0.000%	0.000%	50.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.000%	100.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.000%	0.000%	50.000%	50.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
0.000%	50.000%	50.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.000%	0.000%

Ilustración 75. Resultados encuestas iniciales de la oficina 1 Amarillo, 2 personas.

Fuente: Elaboración propia

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
20.000%	80.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.000%	0.000%	20.000%	40.000%	40.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0.000%	0.000%	80.000%	20.000%	0.000%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.000%	40.000%	40.000%	0.000%	20.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.000%	80.000%	0.000%	20.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.000%	0.000%	0.000%	60.000%	0.000%	40.000%	0.000%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
40.000%	0.000%	20.000%	40.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
60.000%	40.000%

Ilustración 76. Resultados encuestas iniciales de la oficina 2 Amarillo, 5 personas.

Fuente: Elaboración propia

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.00%	0.00%	0.00%	40.00%	0.00%	60.00%	0.00%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.00%	20.00%	40.00%	40.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0.00%	60.00%	40.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	0.00%	0.00%	20.00%	20.00%	60.00%	0.00%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.00%	40.00%	40.00%	20.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	0.00%	0.00%	40.00%	20.00%	40.00%	0.00%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
40.00%	40.00%	0.00%	20.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.00%	0.00%

*Ilustración 77. Resultados encuestas iniciales de la oficina 3 Amarillo, 5 personas.
Fuente: Elaboración propia*

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.000%	60.000%	0.000%	40.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.00%	40.00%	0.00%	60.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0.0000%	20.0000%	80.0000%	0.0000%	0.0000%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	20.00%	0.00%	40.00%	20.00%	0.00%	20.00%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.000%	80.000%	20.000%	0.000%	0.000%	0.000%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	0.00%	0.00%	40.00%	0.00%	40.00%	20.00%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
0.00%	0.00%	20.00%	80.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.00%	0.00%

*Ilustración 78. Resultados encuestas iniciales de la oficina 4 Amarillo, 6 personas.
Fuente: Elaboración propia*

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En las tablas 46, 47, 48 y 49 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica realizadas a cada una de las cuatro oficinas de Amarilo. En total se obtuvieron 113 votos (en las cuatro oficinas) en donde la mayoría de respuestas obtenidas fueron, frío y fresco (-3 y -2).

Tabla 46. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 1 Amarilo 14 encuestas

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	9	2	2	1	0	0	0
Porcentaje de votos	64%	14%	14%	7%	0%	0%	0%

Tabla 47. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	2	6	3	3	3	1	0
Porcentaje de votos	11%	33%	17%	17%	17%	6%	0%

Tabla 48. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	9	9	1	14	0	3	0
Porcentaje de votos	25%	25%	3%	39%	0%	8%	0%

Tabla 49. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	6	31	3	2	0	3	0
Porcentaje de votos	13%	69%	7%	4%	0%	7%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las cuatro oficinas de Amarilo se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos para cada oficina (ilustraciones 79, 80, 81 y

82). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 20,2°C y 27,8°C para las cuatro oficinas.

Ilustración 79. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 1 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 80. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 81. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 3 Amarilo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 82. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 4 Amarilo.
Fuente: Elaboración propia

En las tablas 50, 51, 52 y 53 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica realizadas a cada una de las cuatro oficinas de Amarilo. En total se obtuvieron 113 votos en las cuatro oficinas, donde la mayoría de respuestas prefieren sentirse igual (45% en promedio en las cuatro oficinas) o un poco más caluroso (41% en promedio en las cuatro oficinas).

Tabla 50. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 1 Amarilo 14 encuestas

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2

Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	0	2	10	2
Porcentaje de votos	0%	0%	15%	77%	15%

Tabla 51. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	3	9	6	0
Porcentaje de votos	0%	17%	50%	33%	0%

Tabla 52. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	4	19	10	3
Porcentaje de votos	0%	11%	53%	28%	8%

Tabla 53. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	6	27	11	0
Porcentaje de votos	0%	14%	63%	26%	0%

Cada uno de los votos de preferencia térmica de las personas de cada una de las cuatro oficinas de Amarilo se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustraciones 83, 84, 85 y 86). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual para temperaturas operativas entre los 20,2°C y 28°C para las cuatro oficinas.

Ilustración 83. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 1 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 84. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 85. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 3 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 86. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 4 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

En las tablas 54, 55, 56 y 57 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica realizadas a cada una de las cuatro oficinas de Amarillo. En total se obtuvieron 113 votos en donde la mayoría de respuestas (89%) encontraron su lugar de trabajo confortable (respuestas 1, 2 y 3).

Tabla 54. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 1 Amarillo 14 encuestas

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	0	7	6	1	0	0

Porcentaje de votos	0%	50%	43%	7%	0%	0%
---------------------	----	-----	-----	----	----	----

Tabla 55. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	0	9	5	4	0	0
Porcentaje de votos	0%	50%	28%	22%	0%	0%

Tabla 56. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	1	27	6	1	1	0
Porcentaje de votos	3%	75%	17%	3%	3%	0%

Tabla 57. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	1	36	3	0	0	0
Porcentaje de votos	2%	82%	7%	0%	0%	0%

Cada uno de los votos de sensación térmica de las personas de las cuatro oficinas de Amarilo se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos para cada oficina (ilustraciones 87, 88, 89 y 90). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (respuestas 1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 20,2°C y 27,8°C, para el promedio de las cuatro oficinas.

Ilustración 87. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 1 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 88. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

*Ilustración 89. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 3 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 90. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 4 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia*

En las tablas 58, 59, 60 y 61 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica realizadas a cada una de las cuatro oficinas de Amarillo. En total se obtuvieron 113 votos en donde la mayoría de respuestas (99%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 58. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 1 Amarillo, 14 encuestas

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	14	0
Porcentaje de votos	97%	3%

Tabla 59. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	18	0
Porcentaje de votos	100%	0%

Tabla 60. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	36	0
Porcentaje de votos	100%	0%

Tabla 61. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	44	0
Porcentaje de votos	100%	0%

Cada uno de los votos de aceptación térmica de las personas de las cuatro oficinas de Amarilo se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos en cada oficina (ilustraciones 91, 92, 93 y 94). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 20,2°C y 29,5°C.

Ilustración 91. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 1 Amarilo.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 92. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 2 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 93. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 3 Amarillo.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 94. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 4 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 62, 63, 64 y 65, así como en las ilustraciones 95, 96, 97 y 98 se presentan el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de cada una de las cuatro oficinas de Amarillo durante cada uno de los 113 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal para las oficinas 1, 2 y 3 ($R^2=0,99$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas presentan una mayor dispersión y un comportamiento no lineal como el del PMV y PPD. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico para cada una de las cuatro oficinas de Amarillo.

Tabla 62. Resultados de PMV y PPD oficina 1 Amarillo 14 encuestas

	PMV	PPD
Promedio	-0,32	8%
Mínimo	-0,74	5%
Máximo	-0,07	17%

Ilustración 95. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 1 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Resultados de PMV y PPD oficina 2 Amarillo 18 encuestas

	PMV	PPD
Promedio	-0,57	12%
Mínimo	-0,8	8%
Máximo	-0,39	18%

Ilustración 96. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 2 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Resultados de PMV y PPD oficina 3 Amarillo

	PMV	PPD
Promedio	-0,03	5%
Mínimo	-0,29	5%
Máximo	0,17	7%

Ilustración 97. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 3 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Resultados de PMV y PPD oficina 4 Amarillo

	PMV	PPD
Promedio	0,436	13%
Mínimo	-0,51	5%
Máximo	1,23	37%

Ilustración 98. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 4 Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Oficina Prodesa

- Mediciones exteriores e interiores

A continuación se presenta el comportamiento de la temperatura y humedad relativa exterior durante el tiempo medición de la oficina Prodesa. Se observa que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 19°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 40% (ilustración 99 y tabla 66).

Ilustración 99. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Prodesa

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	14,7°C	66%
Máximo	20,9°C	86%
Mínimo	9,7°C	50%

En la ilustración 100, se presenta el comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición de la oficina de Prodesa. En esta se observa el comportamiento constante de los diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina y al mismo tiempo se observan altos valores de velocidad del aire durante las horas del día, valores que no se habían presentado en las otras oficinas.

La temperatura del aire presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 2,5°C, mientras que los datos exteriores variaron 11°C en promedio. La humedad relativa tiene una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 10%, mientras que los datos exteriores variaron un 28% en promedio. La iluminación interior presenta un comportamiento constante en los valores de iluminación del día (415 lux en promedio) y la noche (25 lux en promedio). La

velocidad del aire muestra que los valores de la velocidad del aire fueron altos respecto a las otras oficinas analizadas (aproximadamente de 0,4 m/s durante las horas del día).

*Ilustración 100. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia*

Tabla 67. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Prodesa

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	21,3°C	49,1%	177,81 lux	0,077 m/s
Máximo	22,8°C	58,2%	1249,6 lux	0,808 m/s
Mínimo	18,9°C	44,6%	3,9 lux	0,0 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (Ilustración 101) durante el tiempo de medición de la oficina. Se observa claramente que las temperaturas del aire interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores. Igualmente se observan temperaturas radiantes altas y no tan constantes como las temperaturas del aire interna.

Ilustración 101. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

- Encuesta inicial

En la ilustración 102, se resumen los resultados de la encuesta inicial realizada a las personas encuestadas de la oficina Prodesa. Se puede observar que la mayoría de personas perciben su lugar ligeramente caluroso y les gustaría sentirse un poco más frío, sin embargo lo encuentran ligeramente confortable y aceptable. Los niveles de iluminación, el movimiento del aire y su humedad relativa la encuentran adecuada, sin embargo la calidad del aire la consideran mala, lo que contrasta con los valores de velocidad del aire registrados durante el día. Cabe aclarar que en ninguna oficina se midió la calidad del aire (por ejemplo las concentraciones de CO₂) solo se preguntó su percepción en la encuesta inicial.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	50.00%	25.00%	0.00%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.00%	12.50%	12.50%	75.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
25.00%	50.00%	12.50%	12.50%	0.00%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.0%	0.0%	75.0%	12.5%	0.0%	12.5%	0.0%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	3	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.0%	25.0%	62.5%	0.0%	12.5%	0.0%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	12.50%	0.00%	62.50%	0.00%	0.00%	25.00%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
12.5%	25.0%	25.0%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.0%	0.0%

Ilustración 102. Resultados encuestas iniciales de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 68, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica realizadas a la oficina Prodesa. En total se obtuvieron 76 votos en donde la mayoría de respuestas (43%) percibieron su espacio confortable (-1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Neutro (34%), sin embargo la percepción de frio y fresco fue alta, alcanzando un porcentaje de 33% y 24% respectivamente.

Tabla 68. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Prodesa

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	25	18	3	26	4	0	0
Porcentaje de votos	33%	24%	4%	34%	5%	0%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las personas de la oficina de Prodesa se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 103). En estos se

observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 21,2°C y 24,5°C.

Ilustración 103. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 69, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica realizadas a la oficina Prodesa. En total se obtuvieron 76 votos en donde la mayoría de respuestas (77%) prefieren sentirse un poco más caluroso, pese a las altas temperaturas radiantes y operativas registradas al interior de la oficina.

Tabla 69. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Prodesa

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	10	36	29	1
Porcentaje de votos	0%	13%	47%	77%	15%

Cada uno de los votos de preferencia térmica de las personas de la oficina de Prodesa se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 104). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual con temperaturas operativas entre los 21,2°C y 24,4°C.

Ilustración 104. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 70 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica realizadas a la oficina de Prodesa. En total se obtuvieron 76 votos en donde la mayoría de respuestas (62%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 6% encontraron su lugar de trabajo inconfortable y muy inconfortable, pese que a la mayoría de personas les gustaría sentirse un poco más caluroso.

Tabla 70. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Prodesa

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	0	47	12	13	2	2
Porcentaje de votos	0%	62%	16%	17%	3%	3%

Cada uno de los votos de sensación térmica de las personas de la oficina de Prodesa se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 105). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 21,2°C y 23,9°C.

Ilustración 105. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 71, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica realizadas a la oficina de Prodesa. En total se obtuvieron 76 votos en donde la mayoría de respuestas (92%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 71. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Prodesa

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	70	6
Porcentaje de votos	92%	8%

Cada uno de los votos de aceptación térmica de las personas de la oficina Prodesa se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 106). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 21,2°C y 25,7°C.

Ilustración 106. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Prodesa.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 72 y la ilustración 107, se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina de Prodesa durante cada uno de los 76 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,806$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas de percepción térmica presentan una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de Prodesa.

Tabla 72. Resultados de PMV y PPD oficina Prodesa

	PMV	PPD
Promedio	-0,04	7%
Mínimo	-0,54	5%
Máximo	0	15%

Ilustración 107. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Prodesa.

Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Oficina AIA

- Mediciones exteriores e interiores

A continuación se presenta el comportamiento de la temperatura y humedad relativa exterior durante el tiempo medición de la oficina AIA. Se observa que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 21°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 45% (Ilustración 108 y Tabla 73).

Ilustración 108. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina AIA.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina AIA

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	15,03°C	69%
Máximo	24,5°C	87%
Mínimo	8,3°C	39%

En la ilustración 109, se presenta el comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición de la oficina de AIA. En esta se observa el comportamiento constante de los diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina, adicionalmente se observan valores promedio de velocidad del aire por encima de los 0,1 m/s durante las horas del día, lo que infiere que las personas de esta oficina operaron regularmente las aberturas de la oficina.

La temperatura del aire presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 4°C, mientras que los datos exteriores variaron 14°C en promedio. La humedad relativa interior presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 14%, mientras que los datos exteriores variaron un 38% en promedio. La iluminación interior presenta un comportamiento constante en los valores de iluminación del día (800 lux). Se observa que los valores de la velocidad del aire durante las horas del día fue superior a 0,2 m/s, lo que refleja una operación constante de las aberturas de esta oficina.

Ilustración 109. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina AIA.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina AIA

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	22,47°C	47,49%	284 lux	0,067 m/s
Máximo	25,35°C	54,12%	1446 lux	0,39 m/s
Mínimo	20,19°C	35,69%	11,8 lux	0,061 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (Ilustración 110) durante el tiempo de medición de la oficina AIA. Se observa claramente que las temperaturas la interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores y estas tuvieron un comportamiento más constante que la temperatura exterior. Igualmente se observa una diferencia de aproximadamente 1,8°C entre las temperatura radiante y la del aire, principalmente en las horas del día.

Ilustración 110. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina AIA.

Fuente: Elaboración propia

- Encuesta inicial

En la ilustración 111, se resumen los resultados de la encuesta inicial realizada a las personas encuestadas de la oficina de AIA. Se puede inferir que la mayoría de personas perciben su lugar ligeramente caluroso y les gustaría sentirse un poco más frío, sin embargo lo encuentran confortable y aceptable. Los niveles de iluminación, la calidad del aire y su humedad relativa la encuentran adecuada, sin embargo el movimiento del

aire es bajo, aunque se registran velocidades del aire entre 0,1 y 0,4 m/s durante las horas del día la interior de la oficina.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.00%	0.00%	12.50%	12.50%	37.50%	37.50%	0.00%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.0%	25.0%	0.0%	62.5%	0.0%	12.5%	0.0%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
12.50%	62.50%	12.50%	12.50%	0.00%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	25.00%	12.50%	50.00%	0.00%	12.50%	0.00%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	3	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
0.00%	25.00%	37.50%	37.50%	0.00%	0.00%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	0.00%	25.00%	37.50%	0.00%	25.00%	12.50%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
0.00%	37.50%	25.00%	12.50%	25.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.00%	0.00%

*Ilustración 111. Resultados encuestas iniciales de la oficina AIA.
Fuente: Elaboración propia*

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 75, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica realizadas a la oficina AIA. En total se obtuvieron 104 votos en donde la mayoría de respuestas (72%) percibieron su espacio confortable (respuestas -1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Neutro (0).

Tabla 75. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina AIA

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	5	16	15	32	25	10	1
Porcentaje de votos	5%	16%	15%	32%	25%	10%	1%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las personas de la oficina AIA se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 112). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 22,2°C y 26,4°C.

Ilustración 112. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina GBC AIA.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 76 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica realizadas a la oficina AIA. En total se obtuvieron 104 votos en donde la mayoría de respuestas (47%) prefieren sentirse igual.

Tabla 76. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina AIA

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	4	43	49	8	0
Porcentaje de votos	4%	4%	47%	8%	0%

Cada uno de los votos de preferencia térmica de las personas de la oficina AIA se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 113). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual con temperaturas operativas entre los 22,2°C y 26,4°C.

Ilustración 113. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina AIA.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 77, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica realizadas a la oficina AIA. En total se obtuvieron 104 votos en donde la mayoría de respuestas (60%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 6% encontraron su lugar de trabajo muy incómodo.

Tabla 77. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina AIA

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incómodo	Inconfortable	Muy incómodo
No. de votos	4	62	14	21	0	3
Porcentaje de votos	4%	60%	13%	20%	0%	3%

Cada uno de los votos de sensación térmica de las personas de la oficina AIA se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 114). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 22,2°C y 26,4°C.

Ilustración 114. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina AIA.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 78, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica realizadas a la oficina AIA. En total se obtuvieron 104 votos en donde la mayoría de respuestas (97%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 78. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina AIA

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	101	3
Porcentaje de votos	97%	3%

Cada uno de los votos de aceptación térmica de las personas de la oficina AIA se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (Ilustración 115). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 22,2°C y 26,4°C.

Ilustración 115. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina AIA.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 79 y la ilustración 116, se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina de AIA durante cada uno de los 104 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,99$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas de percepción térmica presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de AIA.

Tabla 79. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group

	PMV	PPD
Promedio	0,42	11%
Mínimo	-0,28	5%
Máximo	0,81	19%

Ilustración 116. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina AIA.

Fuente: Elaboración propia

5.1.7. Oficina Arpro

- Mediciones exteriores e interiores

A continuación, se presenta el comportamiento de la temperatura y humedad relativa exterior durante el tiempo medición de la oficina de Arpro. Se observa que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 22°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 42% (ilustración 117 y Tabla 80).

Ilustración 117. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Arpro.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Arpro

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	15,21°C	65%
Máximo	23,8°C	86%
Mínimo	7,1°C	31%

En la ilustración 118, se presenta el comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición de la oficina Arpro. En esta se observa el comportamiento constante de los diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina.

La temperatura del aire interior presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 5°C, mientras que los datos exteriores variaron 14°C en promedio. La humedad relativa tiene baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 16%, mientras que los datos exteriores variaron un 42% en promedio. La iluminación interior presenta un comportamiento constante en los valores de iluminación del día con valores promedio de 1.500 lux. En los valores de velocidad del aire se observa que de los cinco días medidos solo hubo uno que tuvo velocidades del aire por encima de los 0,4 m/s.

Ilustración 118. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Arpro

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	20,63°C	52,24%	671 lux	0,064 m/s
Máximo	25,59°C	59,16%	3551 lux	0,64 m/s
Mínimo	17,77°C	43,19%	19.7 lux	0,061 m/s

Se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (ilustración 119) durante el tiempo de medición de la oficina de Arpro. Se observa que en las horas del día algunos días la temperatura exterior estuvo por encima de las temperaturas interiores (en ninguna oficina se había presentado este fenómeno).

Ilustración 119. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Arpro.

Fuente: Elaboración propia

- Encuesta inicial

En la ilustración 120, se resumen los resultados de la encuesta inicial realizada a las personas encuestadas de la oficina de Arpro. Se puede inferir que la mayoría de personas perciben su lugar frío y les gustaría sentirse igual, adicionalmente lo encuentran confortable y aceptable. Los niveles de iluminación, la calidad del aire, el movimiento del aire y su humedad relativa la encuentran adecuada.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
43%	29%	14%	14%	0%	0%	0%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Muy húmedo
14.3%	14.3%	0%	71.4%	0%	0%	0%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
0%	0%	57%	43%	0%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0%	29%	0%	29%	14%	14%	14%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	3	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
14%	86%	0%	0%	0%	0%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0%	0%	29%	14%	29%	14%	14%

¿Cómo percibe el movimiento del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy bajo	Bajo	Ligeramente bajo	Adecuado	Ligeramente Alto	Alto	Muy alto
14%	29%	0%	57%	0%	0%	0%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100%	0%

Ilustración 120. Resultados encuestas iniciales de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 82, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica realizadas a la oficina de Arpro. En total se obtuvieron 93 votos en donde la mayoría de respuestas (49%) lo percibieron confortable (-1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Neutro (0).

Tabla 82. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Arpro

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	18	27	8	34	3	3	0
Porcentaje de votos	19%	29%	9%	37%	3%	3%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las personas de la oficina de Arpro se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 121). En estos se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (-1, 0 y 1) se encuentran entre los 20,2°C y 23,8°C.

*Ilustración 121. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 83 se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica realizadas a la oficina de Arpro. En total se obtuvieron 93 votos en donde la mayoría de respuestas (66%) prefieren sentirse igual.

Tabla 83. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Arpro

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	3	61	28	1
Porcentaje de votos	0%	3%	66%	30%	1%

Cada uno de los votos de preferencia térmica de las personas de la oficina de Arpro se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 122). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual con temperaturas operativas entre los 19,6°C y 23,8°C.

Ilustración 122. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 84, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica realizadas a la oficina de Arpro. En total se obtuvieron 93 votos en donde la mayoría de respuestas (84%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 5% encontraron su lugar de trabajo ligeramente inconfortable.

Tabla 84. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Arpro

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	1	78	8	5	1	0
Porcentaje de votos	1%	84%	9%	5%	1%	0%

Cada uno de los votos de sensación térmica de las personas de la oficina de Arpro se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 123). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 19,6°C y 23,9°C.

Tabla 85. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Arpro

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	93	0
Porcentaje de votos	100%	0%

Cada uno de los votos de aceptación térmica de las personas de la oficina de Arpro se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 124). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 19,6°C y 23,9°C.

Ilustración 124. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 86 y la ilustración 125, se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina de Arpro durante cada uno de los 93 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,64$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas de percepción térmica presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina de Arpro.

Tabla 86. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group

	PMV	PPD
Promedio	-0,3	10%
Mínimo	-0,9	5%
Máximo	0,48	24%

Ilustración 125. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Arpro.
Fuente: Elaboración propia

5.1.8. Oficina Ministerio del Interior

- Mediciones exteriores e interiores

A continuación, se presenta el comportamiento de la temperatura y humedad relativa exterior durante el tiempo medición de la oficina Ministerio del Interior. Se observa que durante las horas del día la temperatura del aire exterior se encuentra sobre los 19°C, mientras que la humedad relativa exterior se encuentra sobre el 55% (ilustración 126 y tabla 87).

Ilustración 126. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Ministerio del Interior

Valores	Variables exteriores medidas	
	Temperatura del aire	Humedad relativa
Promedio	13,66°C	76,4%
Máximo	19,3°C	88%
Mínimo	10,1°C	51%

En la ilustración 127, se presenta el comportamiento de la temperatura del aire, la humedad relativa, la iluminación y la velocidad del aire interior durante el tiempo medición de la oficina Ministerio del Interior. En esta se observa el comportamiento constante de los diferentes valores medidos, reflejando la alta inercia térmica de la oficina.

La temperatura del aire presenta una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 1,5°C (la variación más baja de todas las oficinas analizadas), mientras que los datos exteriores variaron 8°C en promedio. De todas las oficinas esta es la más antigua. La humedad relativa tiene una baja variación en los datos día – noche, la cual alcanza un valor promedio de 7%, mientras que los datos exteriores variaron un 35% en promedio. Esta variación diaria es la más baja de todas las oficinas analizadas. La iluminación interior presenta un comportamiento constante en los valores de iluminación del día con valores promedio de 80 lux, valores muy bajos, teniendo en cuenta que la reglamentación colombiana recomienda como mínimo 500 lux. La velocidad del aire presenta valores constante durante las horas del día sobre los 0,2 m/s y de 0,05 m/s durante las horas de la noche, lo que demuestra que las personas al interior de esta oficina operaban regularmente sus aperturas.

Ilustración 127. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Ministerio del Interior

Valores	Variables interiores medidas			
	Temperatura del aire	Humedad relativa	Iluminación	Velocidad del aire
Promedio	21,93°C	55,38%	58,06 lux	0,062 m/s
Máximo	22,63°C	60,43%	161,6 lux	0,397 m/s
Mínimo	20,96°C	49,32%	27,6 lux	0,055 m/s

Finalmente, se compararon los datos de temperatura interna (aire, radiante y operativa) con los valores exteriores de la temperatura del aire (ilustración 128) durante el tiempo de medición de la oficina Ministerio del Interior. Se observa claramente que las temperaturas al interior siempre estuvieron por encima de las temperaturas exteriores (en promedio 6°C), igualmente se observan diferencias entre la temperatura radiante y la temperatura del aire durante las horas del día de hasta 3°C.

*Ilustración 128. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia*

- Encuesta inicial

En la ilustración 129, se resumen los resultados de la encuesta inicial realizada a las personas encuestadas de la oficina del Ministerio del Interior. Se puede inferir que la mayoría de personas perciben su lugar ligeramente neutro y les gustaría sentirse igual o poco más frío, y al mismo tiempo lo encuentran confortable y aceptable. Los niveles de iluminación, y la humedad relativa la encuentran adecuada, sin embargo la calidad del aire es considerada como mala.

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
0.00%	0.00%	0.00%	60.00%	30.00%	10.00%	0.00%

¿Cómo percibe la calidad del aire en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	30.00%	50.00%	10.00%	0.00%	0.00%	10.00%

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?				
-2	-1	0	1	2
Mucho más frio	Un poco más frio	igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
10.00%	40.00%	50.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo percibe la iluminación en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy malo	Malo	Ligeramente malo	Adecuado	Ligeramente bueno	Bueno	Excelente
0.00%	0.00%	0.00%	30.00%	20.00%	30.00%	20.00%

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?					
1	2	3	4	5	6
Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente incomfortable	Incomfortable	Muy incomfortable
10.00%	50.00%	40.00%	0.00%	0.00%	0.00%

¿Cómo califica su lugar de trabajo?	
-1	1
Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
100.00%	0.00%

¿Cómo percibe la humedad en su lugar de trabajo?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Muy seco	Seco	Ligeramente seco	Adecuado	Ligeramente húmedo	Húmedo	Muy húmedo
0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	0.00%	0.00%

Ilustración 129. Resultados encuestas iniciales de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia

- Encuestas de seguimiento y relación con temperatura operativa

En la tabla 89, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de percepción térmica realizadas a la oficina del Ministerio del Interior. En total se obtuvieron 181 votos en donde la mayoría de respuestas (79%) percibieron su lugar de trabajo confortable (respuesta -1, 0 y 1). Individualmente la respuesta que tuvo una mayor respuesta fue la de Ligeramente fresco (-1).

Tabla 89. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Ministerio del Interior

¿Cómo percibe su lugar de trabajo?							
Escala	-3	-2	-1	0	1	2	3
Descripción	Frio	Fresco	Ligeramente fresco	Neutro	Ligeramente caluroso	Caluroso	Muy Caluroso
No. de votos	17	21	82	54	7	0	0
Porcentaje de votos	9%	12%	45%	30%	4%	0%	0%

Cada uno de los votos de percepción térmica de las personas de la oficina del Ministerio del Interior se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 130). En estos

se observa que las temperaturas operativas de confort térmico (respuestas -1, 0 y 1) se encuentran entre los 21,4°C y 22,6°C.

Ilustración 130. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 90, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de preferencia térmica realizadas a la oficina del Ministerio del Interior. En total se obtuvieron 181 votos en donde la mayoría de respuestas (81%) prefieren sentirse igual.

Tabla 90. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Ministerio del Interior

¿Cómo le gustaría sentirse en su lugar de trabajo?					
Escala	-2	-1	0	1	2
Descripción	Mucho más frío	Un poco más frío	Igual	Un poco más caluroso	Mucho más caluroso
No. de votos	0	8	147	22	4
Porcentaje de votos	0%	4%	81%	12%	2%

Cada uno de los votos de preferencia térmica de las personas de la oficina del Ministerio del Interior se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 131). En estos se observa que las personas prefieren su espacio igual con temperaturas operativas entre los 21,4°C y 22,6°C.

Ilustración 131. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 91, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de sensación térmica realizadas a la oficina del Ministerio del Interior. En total se obtuvieron 181 votos en donde la mayoría de respuestas (75%) encontraron su lugar de trabajo confortable y solamente un 2% encontraron su lugar de trabajo ligeramente inconfortable.

Tabla 91. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ministerio del Interior

¿Cómo encuentra su lugar de trabajo?						
Escala	1	2	3	4	5	6
Descripción	Muy confortable	Confortable	Ligeramente confortable	Ligeramente inconfortable	Inconfortable	Muy inconfortable
No. de votos	2	135	41	3	0	0
Porcentaje de votos	1%	75%	23%	2%	0%	0%

Cada uno de los votos de sensación térmica de las personas de la oficina del Ministerio del Interior se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 132). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo confortable (respuesta 1, 2 y 3) con temperaturas operativas entre los 21,4°C y 22,6°C.

*Ilustración 132. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 92, se presentan los resultados de las encuestas de seguimiento de aceptación térmica realizadas a la oficina del Ministerio del Interior. En total se obtuvieron 181 votos en donde la mayoría de respuestas (99%) encontraron su lugar de trabajo aceptable.

Tabla 92. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ministerio del Interior

¿Cómo califica su lugar de trabajo?		
Escala	-1	1
Descripción	Generalmente aceptable	Generalmente inaceptable
No. de votos	179	2
Porcentaje de votos	99%	1%

Cada uno de los votos de aceptación térmica de las personas de la oficina del Ministerio del Interior se relacionó con los datos medidos de temperatura operativa en cada uno de los momentos exactos en donde se realizaron los votos (ilustración 133). En estos se observa que las personas encuentran su lugar de trabajo térmicamente aceptable con temperaturas operativas entre los 21,4°C y 22,6°C.

Ilustración 133. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Ministerio del Interior.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 93 y la ilustración 134 se presenta el resultado de los valores de PMV y PPD, tomando como referencia los datos registrados al interior de la oficina del Ministerio del Interior durante cada uno de los 181 votos registrados. Para el cálculo del PMV se utilizó la herramienta CBE Thermal Comfort Tool. Se observa claramente que la tendencia del PMV y PPD es lineal ($R^2=0,918$), mientras que la distribución de los datos de las encuestas de percepción térmica presenta una mayor dispersión. Por esta razón es que se puede deducir que el PMV y PPD no es una buena herramienta para estimar el confort térmico de la oficina del Ministerio del Interior.

Tabla 93. Resultados de PMV y PPD oficina Ministerio del Interior

	PMV	PPD
Promedio	-0,23	6%
Mínimo	-0,45	5%
Máximo	-0,07	9%

Ilustración 134. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Ministerio del Interior.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Caracterización personas encuestadas

En este subcapítulo se presentan los resultados unificados de la muestra, correspondiente a las 8 oficinas y las 72 personas encuestadas.

5.2.1. Edad

Las personas encuestadas fueron clasificadas según sus rangos de edad. En la ilustración 135, se presentan los resultados. Se evidencia que la mayoría de los encuestados (82%) se encontraron en el rango de edades entre 20 y 40 años. El porcentaje restante (18%) se encontraron en los rangos de edades de 41 a 60 años. La muestra total fue de 72 personas, de las cuales entonces, 58 se encontraron en los rangos más presentes de la muestra.

*Ilustración 135. Porcentajes de grupos de edad de personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia*

5.2.2. Género

Respecto al género, los resultados obtenidos se encuentran en la ilustración 136 y 137, en donde se observa que la mayoría de la muestra estuvo representada por mujeres (63%) y la minoría por hombres (26%). Para un total de 46 mujeres y 26 hombres. En la ilustración 137, se evidencia la distribución de las edades por género.

*Ilustración 136. Distribución de género de personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia*

Ilustración 137. Porcentajes de grupos de edad de personas encuestadas por género.
Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Peso

En la ilustración 138, se evidencia que las mujeres encuestadas tienen un promedio menor de peso (61,6 kg) con respecto al promedio de peso de los hombres (77,13% kg). El promedio de peso del total de las personas encuestadas es de 67,4 kg.

Ilustración 138. Estatura y peso de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Estatura

La estatura promedio de todas las personas encuestadas fue de 1,64 metros, para un promedio independiente de las mujeres de 1,60 metros y de los hombres de 1,72 metros. Como era de esperarse, las mujeres presentaron un menor peso y estatura respecto a los hombres.

5.2.5. Tiempo de residencia en Bogotá

El tiempo de residencia promedio en la ciudad de Bogotá de todas las personas encuestadas fue de 29 años. La persona que menos tiempo ha residido en Bogotá fue de aproximadamente dos meses y 52 años la persona que más lo ha hecho.

5.2.6. Duración en el puesto de trabajo actual

La duración en el puesto de trabajo actual donde se realizaron cada una de las preguntas a las personas encuestadas fue en promedio de 1,79 años. La persona que menos tiempo tiene en el puesto de trabajo es de aproximadamente 2 meses y la que mayor tiempo lleva en el mismo puesto de trabajo es de 10 años.

5.2.7. Horario de trabajo

En promedio, las personas encuestadas reportaron 9 horas de trabajo diario. Con un máximo de 10 horas 30 minutos y un mínimo de 4 horas diarias (esta última, en dos casos excepcionales). Los horarios variaron entre las 6:30 y las 18:30. En la ilustración 139, se muestran las distribuciones por porcentaje de cada rango horario. Donde se observa que la mayoría de las personas encuestadas (71,8%) trabajan de 7:30 a 18:00.

*Ilustración 139. Porcentajes de los rangos de horarios de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia*

Es importante recalcar que, durante estas horas (independiente del rango reportado), todas las personas encuestadas aseguraron realizar trabajo típico de oficina durante todas las horas laboradas. Teniendo en cuenta la tabla de tasas metabólicas para tareas típicas del ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010), se puede atribuir un MET (en español, equivalente metabólico de la tarea) de 1,1. Asumiendo esta tarea como “typing” o en español mecanografía.

5.2.8. Aislamiento de ropa

Los 6 tipos de aislamiento de ropa registrados por las personas encuestadas están presentados en la ilustración 140. En donde se observa que el 98,6% de las personas utilizan pantalón y camisa y el 1,4% restante falda y camisa como base. Luego las personas encuestadas podrían clasificarse como los que usan 1 o 2 elementos para aislamiento adicional, así como los que no usan ningún tipo de aislamiento adicional. Así las cosas, el 31% de las personas no usan aislamiento adicional, el 64,8% usan 1 aislamiento adicional y el 4,2%, 2 aislamientos.

*Ilustración 140. Distribución de tipos de aislamiento de ropa registrados por las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia*

5.3. Datos climáticos

Luego de haber presentado en el subcapítulo 5,1 los resultados independientes para cada oficina, se presentan a continuación, los resultados unificados de todas las oficinas muestreadas.

5.3.1. Datos climáticos exteriores

Los datos del clima exterior de Bogotá del 19 de febrero al 11 de mayo de 2018 se presentan en el día promedio (Ilustración 141). El clima local, como se presentó en la descripción del área de estudio, tuvo mínimas variaciones en la temperatura mensual promedio, la cual fue de 14,9°C. Las variaciones están presentes a lo largo del día con una temperatura promedio de 12°C en las horas de la mañana, aumentando a su punto máximo de 24,3°C al mediodía. Por la noche, la temperatura desciende entre 14°C y 10°C, disminuyendo principalmente al amanecer. Por otro lado, la humedad relativa muestra un comportamiento inverso. Al igual que la temperatura, la humedad relativa no presenta variaciones mensuales significativas (debido a los altos niveles comunes

característicos de esta zona tropical). Los valores más bajos de humedad relativa durante un día promedio son alrededor del 45% al mediodía, mientras que los valores más altos se encuentran en los períodos de la mañana y la noche alcanzando un promedio del 83%.

*Ilustración 141. Datos exteriores de temperatura y humedad relativa, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

5.3.2. Datos climáticos interiores

A continuación, se presentan los datos interiores de todas las oficinas analizadas durante un día tipo, teniendo en cuenta la baja variación entre los promedios diarios de los datos. Se incluyen datos de temperatura del aire, humedad relativa, iluminación, velocidad del aire, temperatura de globo, temperatura media radiante y temperatura operativa.

- Temperatura del aire

La temperatura del aire interior presentó valores promedio de 21,63°C, máximos de 30,06°C en las horas de la mañana y mínimos de 16,84°C en las horas de la noche y la madrugada. El cambio más significativo se da en las horas del mediodía en los cuales se presenta un rango entre los 18°C y 28°C. Se observa un comportamiento similar en todas las oficinas muestreadas, facilitando su posterior análisis.

*Ilustración 142. Temperatura del aire interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Humedad relativa

La humedad relativa interior presentó valores promedio de 52,09%, máximos de 93,47% y mínimos de 28,55%. Se observa una distribución constante durante las horas de la mañana y la noche con valores entre 45% y 70% de humedad relativa.

*Ilustración 143. Humedad relativa interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Iluminación

La iluminación interior presentó valores promedio de 425,47 lux, máximos de 32,280 lux y mínimos de 3,9 lux. Se percibe un comportamiento relativamente uniforme a lo largo de todo el día en de todas las oficinas. El promedio de la iluminación está fuera de los

rangos establecidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público de Colombia (RETILAP), el cual establece 500 lux para espacios de oficinas (Resolución No. 180540 de Marzo 30 de 2010).

*Ilustración 144. Iluminación interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Velocidad del aire

La velocidad del aire interior presentó valores promedio de 0,09 m/s, máximos de 1,35 m/s y mínimos de 0,00 m/s. En términos generales podría decirse que todas las oficinas presentan datos similares, sin embargo comparado a las otras variables, la velocidad del aire parece ser el dato climático que más diferencias presenta. Los resultados globales podrían considerarse como bajos con respecto a lo esperado por el estándar ASHRAE 55.

*Ilustración 145. Velocidad del aire interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Temperatura de globo

La temperatura de globo interior presentó valores promedio de 22,03°C, máximos de 32,80°C y mínimos de 16,80°C. Se observa una gran distribución de datos constantes entre los 17°C y 23°C a diferencia de las horas de la tarde que alcanza valores más elevados.

*Ilustración 146. Temperatura de globo interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Temperatura media radiante

La temperatura radiante registrada tuvo un promedio de 21,92°C, un mínimo de 16,81°C y un máximo de 31,64°C. Al igual que la temperatura del aire el cambio más drástico se

da en las horas del mediodía en donde se presentan rangos entre los 17°C y 28°C. Se observan unos datos fuera del rango de las otras oficinas, los cuales fueron analizados en el capítulo de análisis de resultados, antes de la construcción del modelo de confort.

*Ilustración 147. Temperatura media radiante interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

- Temperatura operativa

La temperatura operativa registrada tuvo un promedio de 21,92°C, un mínimo de 16,81°C y un máximo de 31,64°C. Se evidencia en las horas de la noche un comportamiento constante entre los 17°C y 23°C.

*Ilustración 148. Temperatura operativa interior, día tipo.
Fuente: Elaboración propia*

5.4. Encuestas

A continuación, se presentan los resultados unificados del total de la muestra (8 oficinas, 72 ocupantes) referentes a las encuestas iniciales y de seguimiento.

5.4.1. Encuestas iniciales

Las encuestas iniciales hacen referencia al primer muestreo, previo al periodo de toma de datos climáticos. Se capturó la percepción, preferencia, sensación y aceptación térmica correspondiente a la concepción general de las condiciones térmicas de todas las oficinas.

- Percepción térmica

Los resultados obtenidos en la percepción térmica de las encuestas iniciales denotan que las personas encuestadas perciben su espacio de trabajo como neutro (22,53%) y ligeramente caluroso (22,53%). En la ilustración 149, se presentan la totalidad de los votos.

*Ilustración 149. Percepción térmica encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia*

- Preferencia térmica

Los resultados de las encuestas iniciales de preferencia térmica muestran que el 36,62% de las personas prefieren que el entorno térmico permanezca igual, no obstante, la mayoría 38,03% preferiría que este fuera un poco más frío.

*Ilustración 150. Preferencia térmica encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia*

- Sensación térmica

Conforme a los resultados de las encuestas iniciales se puede observar que el entorno térmico es confortable para las personas encuestadas (46,48%). Esto sumado a los resultados de ligeramente confortable y muy confortable (83,01%), que se consideran como una sensación confortable.

Ilustración 151. Sensación térmica encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia

- Sensación movimiento de aire

La sensación del movimiento del aire no presentó resultados favorables, puesto que a pesar que el 31,15% de las personas encuestadas consideraron que el movimiento del aire era adecuado, el 63,93% considera que era ligeramente bajo, bajo o muy bajo.

Ilustración 152. Sensación movimiento del aire encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia

- Percepción humedad relativa

La humedad relativa presentó resultados favorables teniendo en cuenta que el 52,11% de los encuestados consideraron que esta era adecuada para todas las oficinas.

Ilustración 153. Percepción humedad relativa encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia

- Percepción calidad del aire

La calidad del aire a diferencia de las otras variables evaluadas presentó diferencias en la opinión de las personas encuestadas. El 25,35% de las personas consideraron que la calidad del aire era adecuada, pero también el 25,35% consideraron igualmente que era ligeramente mala. No obstante, sumando las opciones favorables (adecuado, ligeramente bueno, bueno, excelente) se puede considerar que la mayoría de los votos se inclinaron a una calidad del aire buena 53,51%.

*Ilustración 154. Percepción calidad del aire encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia*

- Percepción iluminación

La percepción de las personas encuestadas respecto a la iluminación, es que esta es adecuada (38,03%). Sumando las opciones positivas (ligeramente bueno, bueno, excelente y adecuado) el porcentaje total es de 81,7% de donde se infiere que esta variable históricamente es favorable independiente la oficina evaluada.

*Ilustración 155. Percepción iluminación encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia*

- Aceptación térmica

Como se puede evidenciar, existe históricamente una incuestionable aceptación del entorno y contexto térmico en todas las oficinas muestreadas. Con un 91,30% es

evidente que los datos de seguimiento están soportados en una aceptación de lo que ha sido el espacio de trabajo hasta el momento de la investigación.

*Ilustración 156. Aceptación térmica encuesta inicial.
Fuente: Elaboración propia*

5.4.2. Encuestas de seguimiento

Las encuestas de seguimiento hacen referencia a la muestra que se tomó durante el periodo de toma de datos climáticos (una semana por oficina, cuatro veces por día).

- Percepción térmica

La percepción térmica en términos generales evidenció que el 27,24% de las personas encuestadas consideran que el entorno térmico es neutro. Sin embargo, entre otros resultados se puede constatar que un porcentaje elevado (25,09%), consideran el espacio como fresco. Las opciones de frío y muy caluroso son las de menor votación.

Ilustración 157. Escala de percepción térmica encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Preferencia térmica

Según los resultados de preferencia térmica se puede observar que la mayoría de las personas encuestadas prefieren que el entorno térmico permanezca igual, ilustración 158. Asumiendo entonces que las oficinas analizadas, en su mayoría, se encuentran en confort térmico.

Ilustración 158. Escala de preferencia térmica encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Sensación térmica

Según los datos registrados, el 67,51% de las personas encuestadas perciben su espacio en confort térmico, adicionalmente el 89,01% de las personas perciben el espacio en la zona confortable, sumando los porcentajes de las respuestas de muy confortable, confortable y ligeramente confortable. Lo que confirma los resultados obtenidos en la percepción y preferencia térmica y garantiza la propuesta de un modelo de confort térmico a partir de estos datos.

*Ilustración 159. Escala de sensación térmica encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

- Aceptación térmica

Según los resultados de aceptación térmica, el 97,35% de las personas encuestadas se encuentran satisfechos con el entorno térmico en el cual están laborando diariamente. Resultados que son congruentes con los datos hasta ahora expuestos en este documento y con la hipótesis planteada. El resultado de las encuestas es igual en las encuestas iniciales y en las encuestas de seguimiento.

*Ilustración 160. Escala de aceptación térmica encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

5.5. Relación entre votos de confort térmico y características de personas encuestadas

A continuación se presentan para cada una de las preguntas de percepción, preferencia, sensación y aceptación térmica realizadas durante las encuestas de seguimiento, las relaciones con las características de las personas encuestadas (edad, género, peso, estatura, tiempo residencia en Bogotá y duración en el puesto de trabajo actual). Estas se realizaron con el objetivo de identificar, cuál de estas características influye en las condiciones de confort de los espacios analizados.

5.5.1. Percepción térmica

- Relación entre percepción térmica y edad

Como se evidencia en la ilustración 161, la edad no fue una condicionante en la percepción térmica. La diferencia entre las edades no representa un cambio en lo que las personas encuestadas percibieron en el espacio.

Ilustración 161. Relación entre percepción térmica y edad encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre percepción térmica y género

En la ilustración 162, se evidencia que existe una diferencia entre los votos según el género. En algunos casos, como en la opción -2 (Fresco), más de la mitad de los votos marcan una diferencia entre la percepción de mujeres y hombres, siendo mayor para las mujeres. Se puede observar que para los hombres y las mujeres el entorno térmico no se percibe igual. Razones por las cuales se decide evaluar en la ilustración 163 si esta diferencia representa una variación importante en la temperatura de confort térmico promedio.

Ilustración 162. Escala de percepción térmica según el género encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

Luego de independizar los votos por género y relacionarlos linealmente con la temperatura de confort térmico (temperatura registrada cuando los votos son entre -1 y 1) se puede evidenciar que no existe una diferencia en el rango de temperatura deseado. El promedio de temperatura de confort térmico de los hombres fue de 23,20°C y el de las mujeres de 23,17°C. Por lo que se puede asegurar que no existen diferencias significantes que impidan generar un modelo generalizado para ambos sexos.

*Ilustración 163. Relación entre percepción térmica y género encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

- Relación entre percepción térmica y peso

Como se observa en la ilustración 164, el peso de las personas encuestadas no fue un condicionante en la percepción térmica. La diferencia entre los diferentes pesos de las personas no representa un cambio en la percepción de los ocupantes.

*Ilustración 164. Relación entre percepción térmica y peso encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

- Relación entre percepción térmica y estatura

Como se evidencia en la ilustración 165, la estatura no fue un condicionante en la percepción térmica por parte de las personas encuestadas. La diferencia entre las diferentes estaturas no representa un cambio en lo percepción de los ocupantes.

*Ilustración 165. Relación entre percepción térmica y estatura encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

○ Relación entre percepción térmica y tiempo de residencia en Bogotá

Como se evidencia en la ilustración 166, el tiempo de residencia en Bogotá no fue un condicionante en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia

entre los años de residencia en la ciudad de Bogotá no representa un cambio en la percepción de los ocupantes.

Ilustración 166. Relación entre percepción térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre percepción térmica y duración en el puesto de trabajo actual

Como se evidencia en la ilustración 167, la duración en el puesto de trabajo actual en la oficina no fue un condicionante en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre la duración en años en el puesto de trabajo no representa un cambio en la percepción de los ocupantes.

Ilustración 167. Relación entre percepción térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Preferencia térmica

- Relación entre preferencia térmica y edad

Como se evidencia en la ilustración 168, la edad no fue un condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre las edades no representa un cambio en lo preferencia de los ocupantes.

*Ilustración 168. Relación entre preferencia térmica y edad encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia*

- Relación entre preferencia térmica y género

Como se presenta en la ilustración 169, el género no fue un condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre géneros no representa un cambio en lo preferencia de los ocupantes.

Ilustración 169. Escala de preferencia térmica según el género encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre preferencia térmica y peso

Como se evidencia en la ilustración 170, el peso no fue un condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre pesos no representa un cambio en la preferencia de los ocupantes.

Ilustración 170. Relación entre preferencia térmica y peso encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre preferencia térmica y estatura

Como se evidencia en la ilustración 171, la estatura no fue una condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre estaturas no representa un cambio en lo preferencia de los ocupantes.

Ilustración 171. Relación entre preferencia térmica y estatura encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre preferencia térmica y tiempo de residencia en Bogotá

Como se presenta en la ilustración 172, el tiempo de residencia en Bogotá no fue un condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre los años de residencia en la ciudad de Bogotá no representa un cambio en lo preferencia de los ocupantes.

Ilustración 172. Relación entre preferencia térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre preferencia térmica y duración en el puesto de trabajo actual

Como se evidencia en la ilustración 173, la duración en el puesto de trabajo actual no fue un condicionante en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre tiempos no representa un cambio en lo preferencia de los ocupantes.

Ilustración 173. Relación entre preferencia térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Sensación térmica

- Relación entre sensación térmica y edad

Como se evidencia en la ilustración 174, la edad no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre edades no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 174. Relación entre sensación térmica y edad encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre sensación térmica y género

Como se evidencia en la ilustración 175, el género no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre géneros no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 175. Escala de sensación térmica según el género encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre sensación térmica y peso

Como se presenta en la ilustración 176, el peso no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre pesos no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 176. Relación entre sensación térmica y peso encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre sensación térmica y estatura

Como se evidencia en la ilustración 177, la estatura no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre estaturas no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 177. Relación entre sensación térmica y estatura encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre sensación térmica y tiempo de residencia en Bogotá

Como se evidencia en la ilustración 178, el tiempo de residencia en Bogotá no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre los años de residencia en la ciudad de Bogotá no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 178. Relación entre sensación térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.

Fuente: Elaboración propia

- Relación entre sensación térmica y duración en el puesto de trabajo actual

Como se presenta en la ilustración 179, la duración en el puesto de trabajo actual en la oficina no fue un condicionante en la sensación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre la duración en años en el puesto de trabajo no representa un cambio en la sensación de los ocupantes.

Ilustración 179. Relación entre sensación térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.

Fuente: Elaboración propia

5.5.4. Aceptación térmica

- Relación entre aceptación térmica y edad

Como se evidencia en la ilustración 180, la edad no fue un condicionante en la aceptación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre edades no representa un cambio en la aceptación de los ocupantes.

Ilustración 180. Relación entre aceptación térmica y edad encuesta de seguimiento.

Fuente: Elaboración propia

- Relación entre aceptación térmica y género

Como se presenta en la ilustración 181, el género no fue un condicionante en la aceptación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre géneros no representa un cambio en la aceptación de los ocupantes.

Ilustración 181. Escala de aceptación térmica según el género encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre aceptación térmica y peso

Como se presenta en la ilustración 182, el peso no fue un condicionante en la aceptación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre pesos no representa un cambio en la aceptación de los ocupantes.

Ilustración 182. Relación entre aceptación térmica y peso encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre aceptación térmica y estatura

Como se evidencia en la ilustración 183, la estatura no fue un condicionante en la aceptación térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre estaturas no representa un cambio en la aceptación de los ocupantes.

Ilustración 183. Relación entre aceptación térmica y estatura encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre aceptación térmica y tiempo de residencia en Bogotá

Como se evidencia en la ilustración 184, el tiempo de residencia en Bogotá no fue un condicionante en la aceptación térmica en las personas encuestadas. La diferencia entre los años de residencia en la ciudad de Bogotá no representa un cambio en la aceptación de los ocupantes.

Ilustración 184. Relación entre aceptación térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.
Fuente: Elaboración propia

- Relación entre aceptación térmica y duración en el puesto de trabajo actual

Como se evidencia en la ilustración 185, la duración en el puesto de trabajo actual en la oficina no fue un condicionante en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre la duración en años en el puesto de trabajo no representa un cambio en la percepción de los ocupantes.

Ilustración 185. Relación entre aceptación térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.

Fuente: Elaboración propia

5.6. Relación entre datos climáticos y votos de confort térmico

Dado que los resultados de percepción y preferencia térmica presentaron un comportamiento muy similar, se decidió relacionarlos con los datos climáticos registrados para la construcción del modelo de confort térmico. La relación entre variables permite que el modelo resultante de estas, esté basado no sólo en un mayor número de respuestas, es decir, que la muestra sea mayor. Si no que además este provenga de dos preguntas diferentes. Lo que disminuye la posibilidad que las personas respondieran erróneamente una pregunta o que no la comprendieran en su totalidad. A continuación, se presentan las diferentes regresiones entre dichas variables.

5.6.1. Relación entre datos climáticos exteriores y percepción térmica

- Humedad relativa exterior

Como se presenta en la ilustración 186, la humedad relativa exterior no incidió en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre valores de humedad relativa exterior no tiene una relación significativa con la percepción térmica de los ocupantes.

Ilustración 186. Relación entre humedad relativa exterior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura del aire exterior

Como se evidencia en la ilustración 187, la temperatura del aire exterior no incidió en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia entre valores de temperatura del aire exterior no tiene una relación significativa con la percepción térmica de los ocupantes.

Ilustración 187. Relación entre temperatura del aire exterior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

5.6.2. Relación entre datos climáticos interiores y percepción térmica

- Temperatura del aire interior

Como se presenta en la ilustración 188, la temperatura del aire interna tiene una incidencia en la percepción térmica de las personas encuestadas con un R^2 (Coeficiente de determinación) de 0,1254.

Ilustración 188. Relación entre temperatura del aire interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Humedad relativa interior

Como se evidencia en la ilustración 189, existe una ligera relación entre la humedad relativa interior con la percepción térmica de las personas encuestadas con un R^2 de 0,08.

Ilustración 189. Relación entre humedad relativa interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Iluminación interior

Como se presenta en la ilustración 190, la iluminación interior no incidió en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia en diferentes valores de iluminación no tiene una relación significativa con la percepción térmica de los ocupantes.

*Ilustración 190. Relación entre iluminación interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia*

- Velocidad del aire interior

Como se evidencia en la ilustración 191, la velocidad del aire interior no incidió en la percepción térmica de las personas encuestadas. La diferencia en los valores de velocidad del aire no tiene una relación significativa con la percepción térmica de los ocupantes. Teniendo en cuenta los bajos valores que se registraron.

Ilustración 191. Relación entre velocidad del aire interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura de globo

Como se evidencia en la ilustración 192, existe una ligera relación en la temperatura de globo interior con la percepción térmica de las personas encuestadas con un R^2 de 0,09.

Ilustración 192. Relación entre temperatura de globo interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura radiante interior

Como se observa en la ilustración 193, existe una mínima relación entre la temperatura radiante interior y la percepción térmica de las personas encuestadas con un R^2 de 0,01.

Ilustración 193. Relación entre temperatura radiante interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura operativa interior

Como se evidencia en la ilustración 194, existe una relación entre la temperatura operativa interior con la percepción térmica de las personas encuestadas, con un R^2 de 0,06.

Ilustración 194. Relación entre temperatura operativa interior y percepción térmica.
Fuente: Elaboración propia

5.6.3. Relación entre datos climáticos exteriores y preferencia térmica

- Humedad relativa exterior

Como se presenta en la ilustración 195, la humedad relativa exterior no incidió en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia en valores de humedad relativa exterior no tiene una relación significativa con la preferencia térmica de los ocupantes.

Ilustración 195. Relación entre humedad relativa exterior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura del aire exterior

Como se evidencia en la ilustración 196, la temperatura del aire exterior no incidió en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia en valores de temperatura del aire exterior no tiene una relación significativa con la preferencia térmica de los ocupantes.

Ilustración 196. Relación entre temperatura del aire exterior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

5.6.4. Relación entre datos climáticos interiores y preferencia térmica

- Temperatura del aire interior

Como se evidencia en la ilustración 197, existe una mínima relación entre la temperatura operativa interior con la percepción térmica de las personas encuestadas, con un R^2 de 0,007.

Ilustración 197. Relación entre temperatura del aire interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Humedad relativa interior

Como se evidencia en la ilustración 198, existe una relación entre la humedad relativa interior con la preferencia térmica de las personas encuestadas, con un R^2 de 0,17.

*Ilustración 198. Relación entre humedad relativa interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia*

- Iluminación interior

Como se evidencia en la ilustración 199, la iluminación interior no incidió en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia en diferentes valores de iluminación interior no tiene una relación significativa con la preferencia térmica de los ocupantes.

Ilustración 199. Relación entre iluminación interior y preferencia térmica.

Fuente: Elaboración propia

- Velocidad del aire interior

Como se presenta en la ilustración 200, la velocidad del aire interior no incidió en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia en los valores de velocidad del aire no tiene una relación significativa con la preferencia térmica de los ocupantes. Teniendo en cuenta los bajos valores que se registraron.

*Ilustración 200. Relación entre velocidad del aire interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia*

- Temperatura de globo interior

Como se evidencia en la ilustración 201, la temperatura de globo interior no incidió en la preferencia térmica de las personas encuestadas. La diferencia en los valores de temperatura de globo interior no tiene una relación significativa con la preferencia térmica de los ocupantes.

Ilustración 201. Relación entre temperatura de globo interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura radiante interior

Como se evidencia en la ilustración 202, existe una relación entre la temperatura radiante interior con la preferencia térmica de las personas encuestadas, con un R^2 de 0,05.

Ilustración 202. Relación entre temperatura radiante interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura operativa interior

Como se evidencia en la ilustración 203, existe una relación entre la temperatura operativa interior con la preferencia térmica de las personas encuestadas, con un R^2 de 0,15.

Ilustración 203. Relación entre temperatura operativa interior y preferencia térmica.
Fuente: Elaboración propia

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Datos climáticos exteriores

Los datos del clima exterior de Bogotá, tuvieron variaciones mensuales mínimas de temperatura respecto al promedio. La temperatura promedio del aire exterior fue de 14,9°C. Las variaciones están presentes a lo largo del día con una temperatura promedio de 12°C por la mañana, aumentando a su punto máximo de 22,5°C al mediodía. Por la noche la temperatura desciende entre 14°C y 10°C, disminuyendo principalmente al amanecer.

Por otro lado, la humedad relativa muestra un comportamiento inverso. Al igual que la temperatura del aire, la humedad relativa no presenta variaciones mensuales significativas (debido a los altos niveles comunes característicos de esta zona tropical). Los valores más bajos de humedad relativa durante un día promedio son alrededor del 33% al mediodía, mientras que los valores más altos se encuentran en los períodos de la mañana y la noche alcanzando un promedio del 83%.

6.2. Datos climáticos interiores

La tabla 94, presenta los datos climáticos interiores de las variables que afectan el confort térmico dentro de las ocho oficinas estudiadas, la tabla presenta la desviación estándar y el promedio de cada variable en cada oficina.

En términos generales, hubo una diferencia significativa entre los datos de temperatura del aire (diferencia de 9,4°C en los valores máximos) y la temperatura media radiante (diferencia de 20,9°C en los valores máximos) en las diferentes oficinas analizadas. Igualmente, se observaron bajas velocidades del aire (0,1 m/s en promedio), que están por debajo de las esperadas por el estándar ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010) para tipologías de oficina. Sin embargo, estos valores son comunes en la ciudad de Bogotá, considerando las condiciones climáticas exteriores.

Tabla 94. Datos de clima interior y exterior durante el periodo de muestra

	Exterior				Interior											
	Temperatura del aire (°C)		Humedad relativa (%)		Temperatura del aire (°C)		Humedad relativa (%)		Temperatura operativa (°C)		Velocidad del aire (m/s)		Temperatura de globo (°C)		Temperatura radiante (°C)	
Of.	D	Prom	D	Prom	D	Prom	D	Prom	D	Prom	D	Prom	D	Prom	D	Prom
A	3,5	15,6	12,9	64,6	0,8	23,1	2,6	45,4	0,8	23,0	0,0	0,1	0,8	23,0	0,8	23,0
B	2,9	14,1	12,2	71,9	1,0	18,6	3,8	65,3	1,0	18,5	0,0	0,1	9,1	18,1	1,0	18,5
C	4,4	15,2	16,2	65,7	2,7	22,5	6,1	48,0	2,6	22,6	0,0	0,1	2,6	22,7	2,6	22,7
D	2,9	15,1	12,0	67,9	1,8	22,0	6,2	53,4	2,2	22,8	0,0	0,2	1,9	22,6	4,0	23,7
E	2,9	14,7	10,4	66,5	0,8	21,3	2,3	49,1	1,4	22,0	0,0	0,1	1,6	22,2	2,2	22,7
F	4,0	15,0	14,2	69,0	1,2	22,5	3,9	47,5	1,7	22,6	0,0	0,1	1,8	22,7	2,1	22,7
G	4,6	15,2	17,2	65,5	1,4	20,6	3,3	52,2	1,6	21,7	0,0	0,1	1,6	20,9	1,7	21,9
H	2,4	13,7	10,4	76,4	0,4	21,9	2,2	55,4	0,4	22,0	0,0	0,1	0,5	22,0	0,5	22,0

D= Desviación estándar, Prom= Promedio

6.3. Relación entre datos climáticos exteriores e interiores

Las ilustraciones 204 y 205 presentan la relación entre la temperatura de aire y la humedad relativa exterior respecto a los valores interiores encontrados en las oficinas analizadas durante el tiempo total de las mediciones realizadas a las 8 oficinas.

La temperatura interior es en promedio 6,7°C más alta que la temperatura exterior. Se evidenció una relación significativa ($p = <2,2e-16$) entre los datos exteriores e interiores de temperatura del aire, pero el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,18$) no representó la relación cercana que se esperaba y que se ha registrado en otros estudios (Indraganti et al., 2013a; KC et al., 2018; Thapa, Bansal, & Panda, 2018). Lo mismo sucedió en la relación entre la humedad relativa exterior e interior, aunque el coeficiente es más alto ($R^2 = 0,38$), tampoco hay evidencia de una relación fuerte entre ellos. En otras palabras, en los registros del presente estudio, no se encontró una relación sólida entre los datos climáticos del exterior y del interior, en términos de temperatura y humedad relativa. Esto puede afectar la importancia al proponer un modelo de confort térmico adaptativo que se relaciona con estas variables.

Igualmente se observa que es mayor la relación entre datos exteriores e interiores de humedad relativa que entre los datos de temperatura del aire. Relación que no se encontró en ninguno de los estudios realizados para la ciudad de Bogotá e inclusive en ninguno de los otros consultados a nivel mundial. Por esta razón se debería proponer

un modelo de confort térmico adaptativo o una zona de confort térmico en términos de temperatura y de humedad relativa y no solamente en términos de temperatura del aire como se ha desarrollado hasta el momento para describir el confort térmico en espacios de oficinas naturalmente ventilados, ubicados en zonas tropicales frías húmedas como es el caso de Bogotá, Colombia.

Ilustración 204. Relación entre temperatura del aire exterior e interior durante el tiempo de estudio.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 205. Relación entre humedad relativa exterior e interior durante el tiempo de estudio.
Fuente: Elaboración propia

6.4. Sensación y percepción térmica

Las ilustraciones 206 y 207, presentan la distribución de los votos de sensación y percepción térmica durante el período que duró la muestra. En términos generales, el 88% de los ocupantes percibió que el espacio estaba fuera de las condiciones críticas

(-3 y 3) y el 55% encontró que estaba dentro de las condiciones de confort térmico (-1, 0 y 1). El 88% afirmó estar dentro del rango de comodidad (1, 2 y 3), siendo la opción 2: cómoda, la más seleccionada con un 67% de los votos. Esto muestra que, durante el período de la muestra y en cuatro momentos diferentes del día, la mayoría de los ocupantes se sintieron cómodos. Se notó que surgió una diferencia de más del 30% entre los resultados de los votos de percepción y sensación, que evaluaron el confort térmico del mismo grupo de personas. Por estas razones es que muchos estudios de confort térmico se basan en la escala de percepción térmica para describir las condiciones de confort térmico de un espacio.

La sensación de confort térmico también se evaluó en el cuestionario inicial, que buscaba registrar la sensación y la percepción térmica general antes del período de la muestra. Aquí, el 66% de los ocupantes percibió que el espacio estaba fuera de las condiciones críticas y el 83% lo describió como un espacio muy comfortable, comfortable o ligeramente comfortable.

*Ilustración 206. Distribución de la percepción térmica de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia*

Ilustración 207. Distribución de la sensación térmica de las personas encuetadas.
Fuente: Elaboración propia

6.5. Preferencia térmica

La ilustración 208, presenta la distribución de los votos de preferencia térmica durante el período muestreado. Se observa que el 58% de los ocupantes prefirieron que el ambiente térmico de su lugar de trabajo permanezca igual (sin cambios). El 19% prefiere que sea un poco más cálido y el 18% prefiere que sea un poco más frío. En otras palabras, las personas preferían que el ambiente térmico se mantuviera igual o cambiara ligeramente. Esto coincide con la encuesta inicial, donde el 93% de los ocupantes preferían que sus espacios de trabajo permanecieran igual o que fueran solo un poco más fríos o un poco más cálidos. Basándose en estos resultados se esperaría que la temperatura del aire promedio durante el tiempo que las personas estuvieron en su puesto de trabajo fuera muy similar a la temperatura de confort térmico.

Ilustración 208. Distribución de la preferencia térmica de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia

6.6. Aceptación térmica

La ilustración 209, presenta la distribución de los votos de aceptación térmica durante el período muestreado. El 97% de los participantes calificaron sus espacios de trabajo como generalmente aceptables, en comparación con el 3% de los participantes que evaluaron sus oficinas como generalmente inaceptables. Esto representa un alto cumplimiento térmico de los ocupantes con su espacio, que también se registró en la encuesta inicial, donde el 91% de los votos lo describió como generalmente aceptable. En promedio, las personas encuestadas aceptan las condiciones térmicas de su lugar de trabajo independientemente si perciben el espacio frío o caliente o si las condiciones térmicas fueran diferentes.

Ilustración 209. Distribución de la aceptación térmica de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia

Los registros de las ocho oficinas se analizaron en conjunto y también de forma independiente. Se evidenció que, a pesar de las diferencias en la materialidad, orientación y / o distribución de las oficinas, los resultados en términos de percepción, preferencia, sensación y aceptación térmica mantienen proporcionalmente las mismas tendencias. De esto se puede inferir que la explicación del procedimiento, así como la selección de las personas involucradas en la investigación, fue correcta.

6.7. Votos de percepción térmica y temperatura operativa

Cada tipo de voto de confort térmico (percepción, preferencia, sensación y aceptación) en cada una de las ocho oficinas muestreadas se representó de forma independiente en función de la temperatura operativa registrada en el momento exacto de las respuestas.

En ninguno de estos ejercicios fue posible encontrar un patrón de respuesta que pudiera explicar la relación entre los votos y la temperatura operativa, porque entre el rango de temperatura operativa de 18°C a 29,5°C se registraron todos los tipos de votos. Sin embargo, existe una coincidencia en la percepción de que el espacio es cómodo dentro de este amplio rango de temperaturas.

Esto puede explicar la diferencia radical entre el análisis de las respuestas de la encuesta y el análisis con el modelo estático PMV (Ilustración 210). Según el estándar ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010), con el aumento o la disminución de la temperatura de las personas, comienzan a preferir espacios más cálidos o más fríos, respectivamente. Basado en el modelo PMV, para este estudio de caso, se esperaba que las personas encuestadas describieran el ambiente como ligeramente fresco a una temperatura promedio de 18°C, y que prefirieran temperaturas alrededor de 23,01°C. De acuerdo con los cálculos de PMV (realizados en la herramienta de confort térmico CBE (Hoyt et al., 2017)), para las temperaturas promedio registradas (17,9°C – 29,0°C), las personas encuestadas describirían su entorno entre el rango ligeramente fresco y el nivel ligeramente cálido de manera ascendente y uniforme de acuerdo con la temperatura operativa (ASHRAE, 2010).

Sin embargo, se demostró que no existe una relación entre el análisis de percepción térmica obtenido con los votos reales de las personas encuestadas y el análisis con el

modelo PMV. Por lo tanto, la percepción no puede ser estimada usando este modelo. El modelo de PMV es lineal ($R^2 = 0,8$), a diferencia de los votos reales que presentan un comportamiento disperso ($R^2 = 0,06$). El PMV promedio fue de 0,0 y el voto de percepción real promedio fue de -0,6, lo que muestra una predicción excesiva del modelo de PMV.

A diferencia del modelo PMV, el 27% de las personas encuestadas prefirieron que el ambiente térmico permanezca igual en los amplios rangos de temperatura operativa. Teniendo en cuenta los datos del presente estudio, el modelo PMV no se puede aplicar a las oficinas ventiladas naturalmente ubicadas en zonas tropicales frías húmedas.

Esta subestimación del modelo PMV en diferentes contextos ya ha sido señalada por otros estudios (Richard J de Dear & Brager, 2002; Humphreys & Nicol, 2002; Indraganti et al., 2013a, 2014). Inclusive Natarajan et al., 2015 en su estudio de caso para Bogotá también señaló que el modelo del PMV no respondía a las condiciones de estos contextos. Lo que resulta lógico ya que el modelo del PMV fue diseñado para el estudio de espacios con sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Van Hoof, 2008).

Ilustración 210. Cálculos de PMV y percepción térmica en relación con la temperatura operativa registrada en el cuestionario de seguimiento.

Fuente: Elaboración propia

6.8. Modelo adaptativo de confort térmico

Dada la incertidumbre encontrada por la aceptación del medio ambiente dentro de amplios rangos de temperatura operativa, se decidió construir un modelo adaptativo que permitiera definir la temperatura operativa de confort térmico, en base a los datos exteriores. Sin embargo, la baja relación entre los datos del clima exterior e interior en las oficinas muestreadas hizo que este trabajo fuera más complejo.

El primer procedimiento llevado a cabo para el desarrollo del modelo fue el análisis de una serie de regresiones entre los datos exteriores (temperatura del aire exterior y humedad relativa exterior) y los datos interiores asociados con el confort térmico, específicamente para preguntas relacionadas con la percepción térmica y la sensación térmica del cuestionario de seguimiento. Donde se encontró que, aunque todas las regresiones fueron significativas ($p < 0,05$), el bajo coeficiente de determinación, (comparado a los presentados en la literatura), no fue lo suficientemente alto como para proporcionar un modelo confiable, a pesar del hecho de que el número de observaciones ($n = 435-694$) fue superior al cantidad sugerida por Nicol (J. F. Nicol et al., 2012) ($n \geq 300$).

Las regresiones se realizaron con el total de observaciones registradas desde las ocho oficinas. Sin embargo, también se llevó a cabo un análisis independiente de cada uno de ellos (Tabla 95), donde se encontró que en dos oficinas (E y F) hubo relaciones más bajas respecto a los datos climáticos exteriores. Por lo tanto, estas dos oficinas se excluyeron de las regresiones utilizadas para desarrollar el modelo propuesto de confort térmico adaptativo.

Tabla 95. Resultados oficinas (A-H) de la regresión entre la temperatura de confort térmico basada en la percepción térmica (-1,0,1) y datos exteriores (temperatura del aire, temperatura relativa y una regresión multivariable con la temperatura del aire y la humedad relativa). En gris, las oficinas excluidas.

Exterior	Temperatura de confort térmico – Percepción térmica																							
	A			B			C			D			E			F			G			H		
	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²	n	p	R²
Temperatura del aire	38	0,13	0,06	9	0,08	0,37	61	0,52	0,62	32	0,18	0,06	33	0,56	0,01	45	0,19	0,39	76	0,00	0,23	143	0,00	0,42
Humedad relativa		0,59	0,08		0,39	0,11		0,89	0,00		0,02	0,28		0,86	0,01		0,46	0,13		0,00	0,3		0,00	0,4

Temperatura del aire	0,02		0,00		0,02		0,00		0,40		0,39		0,45		0,04	
Humedad relativa	0,00	0,44	0,00	0,97	0,00	0,2	0,00	0,5	0,58	0,03	0,75	0,11	0,05	0,3	0,07	0,44

A partir de este procedimiento, fue posible generar un modelo para las seis oficinas analizadas, que resultó de la regresión entre la temperatura del aire exterior (T_o) y la temperatura operativa de confort térmico (T_c) de acuerdo con la percepción térmica de las respuestas -1, 0 y 1. El modelo propuesto corresponde a la ecuación:

$$T_c = 16,00 + 0,41T_o, n = 642, R^2 = 0,41$$

Por lo tanto, para una temperatura exterior promedio de 14,9°C (temperatura promedio durante el período de muestra), la temperatura operativa de confort térmico sería de 22,13°C, con un rango de confort térmico de 19,63°C a 24,63°C para un 90% de aceptabilidad y de 18,63°C a 25,63°C para un 80% de aceptabilidad, ambos rangos calculados como una extensión de la temperatura neutra o de confort térmico ($\pm 2,5^\circ\text{C}$ para el 90% de aceptabilidad térmica y $\pm 3,5^\circ\text{C}$ para 80% de aceptabilidad térmica).

Ilustración 211. Relación entre temperaturas exteriores y temperaturas operativas de confort térmico.
Fuente: Elaboración propia

6.9. Comparación con otros modelos de confort térmico adaptativo

Se decidió probar algunos modelos adaptativos existentes para edificios con ventilación natural y comparar los resultados con el modelo propuesto (Tabla 96), considerando un rango de aceptabilidad del 90% y 80% para cada uno.

Tabla 96. Modelos adaptativos para edificios con ventilación natural en comparación con el modelo propuesto, T_n= temperatura neutral, T_c= temperatura de confort térmico.

Modelo	Ecuación	T _n o T _c	Rango aceptabilidad 90%		Rango aceptabilidad 80%	
			Min	Max	Min	Max
Humphreys	$T_n = 11,9 + 0,534T_o$	19,8	17,3	22,3	16,3	23,3
Auliciems	$T_n = 9,22 + 0,48T_a + 0,14T_o$	21,6	19,1	24,1	18,1	25,1
ASHRAE 55	$T_n = 17,8 + 0,31T_o$	22,4	19,9	24,9	18,9	25,9
Pakistan	$T_c = 18,5 + 0,36T_{oh}$	23,2	20,7	25,7	19,7	26,7
Shangai	$T_n = 15,12 + 0,42T_o$	21,3	18,8	23,8	17,8	24,8
Harbin	$T_n = 11,80 + 0,48T_o$	19,0	16,5	21,5	15,5	22,5
SCAT	$T_c = 14,1 + 0,20T_{o_max} + 0,35 T_{o_min}$	20,6	18,1	23,1	17,1	24,1
<i>Modelo propuesto</i>	$T_c = 16,00 + 0,41T_o$	22,1	19,6	24,6	18,6	25,6

Como se puede ver en la tabla 96, el modelo de confort térmico adaptativo de ASHRAE 55 es el más cercano para evaluar la temperatura operativa de confort térmico y la aceptabilidad de los modelos calculados en este estudio. Sin embargo, se espera que un mayor coeficiente de determinación valide la aplicabilidad de este modelo y su uso en las oficinas naturalmente ventiladas ubicadas en la ciudad de Bogotá. Pues se ha demostrado que este modelo ha sobreestimado las condiciones de confort térmico y también las capacidades de adaptación conocidas por las personas encuestadas, principalmente en climas tropicales fríos. Lo que podría generar un sobredimensionamiento de equipos mecánicos a utilizar y limitaciones en la operación de la edificación.

La relación de las temperaturas operativas encontradas dentro de la zona de confort térmico en relación con la temperatura exterior y el rango de confort térmico para el 80% y el 90% de aceptabilidad propuesto por el estándar 55 de ASHRAE (Ilustración 212) denotan que para un rango de casi 10 grados, las personas se encuentran en confort térmico. Esto podría considerarse poco preciso, fundamentalmente a la hora de diseñar estrategias bioclimáticas pasivas

La ilustración 212, muestra una dispersión en las temperaturas operativas de confort térmico para la misma temperatura exterior. En algunos casos, estas temperaturas operativas están fuera del rango de aceptabilidad del 80% y 90%. Además, se observa que no hay una tendencia definida, ni una linealidad respecto a la establecida por el estándar ASHRAE 55. Por esta razón, se decidió utilizar el método de Griffith's (Griffiths, 1990) para definir la temperatura de confort térmico de las oficinas analizadas.

Ilustración 212. Los votos de confort térmico comparados con el rango de aceptabilidad del 80% y 90% del modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55.

Fuente: Elaboración propia y ASHRAE 55

6.10. Temperatura de confort térmico

El método de Griffith's es esencialmente la relación entre confort térmico y temperatura, asumiendo que no se realizó ninguna adaptación (Jindal, 2018). Este método es especialmente útil cuando la variación de temperatura durante el trabajo de campo es pequeña y el volumen de datos puede no proporcionar una regresión confiable para predecir la temperatura de confort térmico, especialmente cuando el voto de confort térmico promedio es muy diferente de la neutralidad (J. F. Nicol et al., 1995), como es el caso en esta muestra. Por lo tanto, para definir la temperatura de confort térmico en las oficinas ventiladas naturalmente ubicadas en la ciudad de Bogotá, se utilizó la siguiente fórmula:

$$T_{Comf} = T_{op} - \frac{T_{sv}}{G}$$

Donde T_{comf} es la temperatura de confort térmico ($^{\circ}\text{C}$), T_{op} es la temperatura operativa interior ($^{\circ}\text{C}$), tsv es el voto de sensación térmica y G es la constante de Griffith's o la pendiente de Griffith's (Jindal, 2018).

La constante G que se utilizó fue de 0,50, teniendo en cuenta los resultados de diferentes estudios de confort térmico (Damiani et al., 2016; Gondo, 2011; Humphreys et al., 2013; Indraganti et al., 2013b; Thapa, Bansal, & Panda, 2018).

Tomando como referencia el método de Griffith's la temperatura operativa de confort térmico para el total de las oficinas fue de $23,47^{\circ}\text{C}$, con una aceptabilidad del 90% en el rango de $20,97^{\circ}\text{C}$ a $25,97^{\circ}\text{C}$ y del 80% en el rango de $19,97^{\circ}\text{C}$ a $26,97^{\circ}\text{C}$.

Estos resultados son compatibles con la temperatura de confort térmico promedio dada por los votos reales, que fue de $23,18^{\circ}\text{C}$. Vale la pena mencionar que este cálculo se realizó solo con los votos del -1 al 1 (votos de confort térmico), ya que, al integrar todos los datos, se obtuvieron relaciones bajas. Se cree que este fue el caso debido a la alta dispersión de los datos. Por lo tanto, se puede decir que los valores de temperatura de confort térmico con el método de Griffith's están más cerca de la sensación térmica esperada para este estudio, a diferencia del modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55, que propone rangos de temperatura más bajos en este caso.

Bogotá es una ciudad con variaciones mínimas en la temperatura del aire durante todo el año, por lo tanto, el rango de confort térmico de Griffith's podría ser una herramienta exitosa para predecir las condiciones deseables para las oficinas con ventilación natural ubicadas en esta ciudad. Comparado con los rangos sugeridos por los lineamientos colombianos (21°C - 25°C), este resultado se encuentra dentro del rango esperado, lo que significa que la normatividad colombiana podría ser, según este estudio y el método de Griffiths, ajustada a las condiciones esperadas de Bogotá.

Cabe mencionar que este rango de temperatura identificado es compatible con otros modelos propuestos en Bogotá y Sudamérica, especialmente en Brasil y México.

En Bogotá, la temperatura de confort térmico propuesta (basada en los votos de sensación térmica y en los modelos de preferencia térmica) fue de $23,0^{\circ}\text{C}$ y $23,5^{\circ}\text{C}$ (J. F. Nicol et al., 2012). Muy similar al encontrado en Brasil, que mostró temperaturas entre

23,0°C y 24,3°C o 21,08°C (cuando se aplicaron los datos exteriores de Bogotá al modelo de confort térmico adaptativo propuesto) (Maykot Kuntz et al., 2018). Incluyendo otros estudios en México donde la temperatura propuesta era de 24,7°C a 26,9°C (Forgiarini Rupp et al., 2018), todos los anteriores dentro de los rangos propuestos y encontrados en el método de Griffith'. Sin embargo, es importante tener en cuenta las diferencias radicales entre los climas en Colombia, por lo que las pautas existentes son una herramienta imprecisa al definir las temperaturas de confort térmico para todo el país.

6.11. Relación entre las variables interiores y la temperatura de confort térmico

La temperatura de confort térmico se analizó respecto a las variables interiores medidas en cada uno de los edificios, humedad relativa (Ilustración 213), velocidad del aire (Ilustración 214), temperatura radiante (Ilustración 215), temperatura del aire (Ilustración 216) e Iluminación (Ilustración 217).

En este estudio, se encontró una fuerte relación entre la humedad relativa interior y la temperatura de confort térmico ($R^2 = 0,62$). A medida que aumenta la humedad relativa interior, la temperatura de confort térmico de funcionamiento disminuye. Se encontraron valores de humedad relativa interior entre 29% y 70% para la temperatura operativa de confort térmico.

Contrariamente, en este estudio no se encontró ninguna relación entre la velocidad del aire y la temperatura operativa de confort térmico ($R^2 = 0,02$). Esto se puede explicar por los bajos valores de velocidad del aire (en comparación con los niveles mínimos de 0,18 y 0,25 m/s propuestos por ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010)) registrados dentro de los espacios analizados.

Este comportamiento podría indicar que los ocupantes no operaron las ventanas durante las mediciones porque en estas condiciones se encontraban en confort térmico, incluso cuando la calidad del aire era posiblemente baja. Esto se debe a que la apertura de las ventanas afecta la temperatura del aire interior y, por lo tanto, el confort térmico, especialmente en ciudades como Bogotá, donde la temperatura del aire exterior está por debajo de la temperatura interior durante todo el día.

La relación entre la temperatura radiante y la temperatura del aire fue $R^2 = 0,46$ y $R^2 = 0,45$ respectivamente, confirmando su fuerte impacto en el confort térmico ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010). Por el contrario, el comportamiento de la iluminación no mostró relación con la temperatura de confort térmico, como era de esperarse.

Ilustración 213. Relación entre la humedad relativa interior y la temperatura operativa de confort térmico.
 Fuente: Elaboración propia

Ilustración 214. Relación entre la velocidad del aire interior y la temperatura operativa de confort térmico.
 Fuente: Elaboración propia

Ilustración 215. Relación entre la temperatura radiante interior y la temperatura operativa de confort térmico.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 216. Relación entre la temperatura del aire interior y la temperatura operativa de confort térmico.
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 217. Relación entre Iluminación interior y la temperatura operativa de confort térmico.
Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES

El análisis del confort térmico en oficinas naturalmente ventiladas ubicadas en zonas tropicales frías se realizó a través del estudio de ocho oficinas ubicadas en Bogotá, Colombia. Se realizó un análisis extenso de la bibliografía sobre el confort térmico, se planteó una metodología para la realización del trabajo de campo, donde se analizaron las oficinas. Para este propósito, 72 personas fueron encuestadas y sus votos subjetivos de percepción, sensación, preferencia y aceptación térmica se registraron a través de cuestionarios de uso internacional. Las variables climáticas interiores y exteriores se midieron simultáneamente para compararlas con las respuestas de los ocupantes. Los resultados se analizaron y se propuso un modelo adaptativo, que se comparó con otros modelos internacionales. La temperatura de confort térmico se calculó utilizando el método de Griffiths y se concluyó lo siguiente:

- La Hipótesis propuesta es verdadera. Los indicadores de confort térmico tanto racionales como adaptativos no se pueden aplicar a edificios de oficinas que se ventilan naturalmente y que están ubicados en zonas tropicales frías, por tal razón es necesario desarrollar un indicador de confort térmico ajustado a estos escenarios, como el que se plantea en el presente documento.
- Teniendo un valor de determinación bajo, la temperatura operativa de confort térmico (con los votos de las escalas de Likert de -1, 0 y 1) como una función de la temperatura exterior representa el mejor modelo de confort térmico adaptativo para predecir las condiciones de confort térmico en las oficinas analizadas a través de la ecuación $T_c = 16,00 + 0,41T_o$. El modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55 es el que más se aproxima al modelo propuesto.
- El modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55 y el modelo propuesto en este estudio $T_c = 16,00 + 0,41T_o$ sugieren rangos de temperaturas de confort térmico por debajo de los votos de sensación térmica registrados como confortables en las encuestas. En contraste, el método de Griffiths es más compatible con las temperaturas de confort térmico promedio de los votos reales.

- Según el método de Griffiths, la temperatura de confort térmico en la ciudad de Bogotá para oficinas naturalmente ventiladas es de 23,47°C.
- No se encontró una relación sólida en los datos recopilados entre los registros climáticos interiores y exteriores en términos de temperatura del aire y humedad relativa para las oficinas analizadas. Adicionalmente, la relación entre datos exteriores e interiores de humedad relativa fue mayor que los datos de temperatura del aire.
- Sobre la base de la alta aceptabilidad de su entorno manifestada por los participantes del estudio, las oficinas ventiladas naturalmente ubicadas en Bogotá brindan a sus ocupantes condiciones térmicamente aceptables, independientemente de su materialidad, orientación y ubicación.
- El modelo racional del PMV no predice la sensación térmica de los ocupantes de edificios con ventilación natural, ubicados en Bogotá.
- Respecto a la relación entre la temperatura y las variables interiores, la humedad relativa ($R^2 = 0,62$), la temperatura radiante ($R^2 = 0,46$) y la temperatura del aire ($R^2 = 0,45$) mostraron una fuerte relación. La humedad relativa fue la que más influyó en la percepción de confort térmico. Por lo tanto, se recomienda analizar la posibilidad de un modelo integrado con rangos establecidos de humedad relativa, especialmente cuando existe una fuerte relación entre los datos de humedad relativa interior y exterior.
- Al contrario de lo esperado, la velocidad del aire no tuvo un impacto en el confort térmico evaluado ($R^2 = 0,02$). Este estudio invita a futuras investigaciones sobre el confort térmico adaptativo en zonas tropicales frías, como las que existen en países desarrollados. Se cree que la construcción de una base de datos, que permite desarrollar herramientas claras y potentes no solo en Bogotá sino también a nivel regional, es una prioridad.
- Esta tesis confirma y respalda los resultados de varios estudios realizados en Bogotá y, de esta manera, promueve la continuación de la búsqueda de temperaturas de confort térmico en estas áreas.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Analizando las futuras líneas de investigación, se alienta y exhorta la realización de estudios de confort térmico en zonas tropicales y en espacios ventilados naturalmente, como respuesta a los grandes vacíos que aún existen en el estudio de estas zonas. Por otro lado, se recomienda el análisis de los datos y conclusiones presentadas en este documento, principalmente los relacionados con las relaciones de la humedad relativa interior y exterior. Así como la realización de estudios similares, con el fin de establecer conclusiones consensuadas respecto a la aplicabilidad del estándar ASHRAE 55 en países como Colombia, inicialmente en oficinas ventiladas naturalmente, pero con miras a cubrir la gran parte de los espacios habitados.

Adicionalmente, se plantean las siguientes líneas de investigación:

- Metodologías y herramientas para la investigación del confort térmico.
- Incidencia de cada variable climática y del contexto en el confort térmico.
- Construcción de estándares para diferentes variables climáticas diferentes a la temperatura operativa.
- Estudio en diferentes escenarios como viviendas, equipamientos, centros educativos, espacio público etc.
- Análisis de la incidencia de la humedad relativa en las condiciones internas de confort térmico en zonas tropicales considerando la incidencia de esta variable que se visibilizó en esta investigación.

9. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Tras la finalización de la investigación se decidió iniciar un proceso de difusión tanto nacional como internacional de los resultados obtenidos. Se escogieron medios de difusión académicos y medios de comunicación públicos y privados consultados por la población colombiana en general y expertos en el tema.

En julio del 2019 se publicó en la revista *Building and Environment* (Factor de impacto 4,971, Puntaje de citación: 8,4) el artículo “*Thermal comfort assessment in naturally ventilated offices in Bogotá, Colombia*” (García et al., 2019). En este se presenta todo el desarrollo de la investigación, incluyendo su metodología, resultados, análisis etc., así como las principales conclusiones.

Adicionalmente, con el propósito de apoyar el desarrollo académico y normativo en Colombia en temas de confort térmico y eficiencia energética en las edificaciones. Se han desarrollado reuniones con los principales actores y reguladores del tema del confort térmico en Colombia, entre ellos; el Comité técnico y asociados del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME) que depende directamente del Ministerio de Energía de Colombia.

En estas reuniones además de presentarse los resultados de la investigación se han abierto debates con respecto a cuáles deberían ser las acciones y estrategias a futuro para promover la investigación y lograr una norma ajustada a las condiciones del país, así como también reducir los consumos de energía, respondiendo a los compromisos que ha adquirido Colombia respecto a la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero (COP 21 Paris). Se espera que esta última estrategia de difusión sea exitosa y paulatinamente san más los actores que se unan al desarrollo de esta temática en Colombia.

INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Distribución de las áreas en proceso de construcción por ciudad en el 2016.</i>	15
<i>Ilustración 2. Distribución de las áreas en proceso de construcción por ciudad en el 2016.</i>	15
<i>Ilustración 3. Línea del tiempo documentos publicados en temas de confort térmico a nivel mundial por año. (Referencia tomada en Diciembre de 2019). Fuente: Scopus</i>	19
<i>Ilustración 4. Publicaciones en temas de confort térmico de los 10 países con mayor número de publicaciones en comparación con Colombia, (Referencia tomada en Diciembre de 2019).</i>	20
<i>Ilustración 5. Ubicación de las ocho oficinas (A-H) analizadas en la ciudad de Bogotá.</i>	46
<i>Ilustración 6. Planta oficina Ladrillera Santa Fe. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	52
<i>Ilustración 7. Oficina Ladrillera Santa Fe.</i>	53
<i>Ilustración 8. Planta oficina Setri Sustentabilidad. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	54
<i>Ilustración 9. Oficina Setri Sustentabilidad</i>	54
<i>Ilustración 10. Planta oficina GBC Group. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	55
<i>Ilustración 11. Oficina GBC Group</i>	56
<i>Ilustración 12. Planta oficina 1 Amarilo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	57
<i>Ilustración 13. Planta oficina 2 Amarilo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	57
<i>Ilustración 14. Planta oficina 3 Amarilo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	57
<i>Ilustración 15. Planta oficina 4 Amarilo. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	58
<i>Ilustración 16. Oficina Amarilo.</i>	58
<i>Ilustración 17. Planta oficina Prodesa. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	59
<i>Ilustración 18. Oficina Prodesa.</i>	60
<i>Ilustración 19. Planta oficina AIA. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	60
<i>Ilustración 20. Oficina AIA</i>	61
<i>Ilustración 21. Planta oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	62
<i>Ilustración 22. Oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros.</i>	62
<i>Ilustración 23. Planta oficina Ministerio del Interior de Colombia. En amarillo personas encuestadas y en rojo ubicación de equipo de medición. Fuente: Elaboración propia</i>	63
<i>Ilustración 24. Oficina Ministerio del Interior de Colombia.</i>	64
<i>Ilustración 25. Fachada y ubicación oficina Ladrillera Santa Fe.</i>	65
<i>Ilustración 26. Fachada y ubicación oficina Setri Sustentabilidad</i>	65
<i>Ilustración 27. Fachada y ubicación oficina GBC Group</i>	66
<i>Ilustración 28. Fachada y ubicación oficina Amarilo.</i>	66
<i>Ilustración 29. Fachada y ubicación oficina Prodesa y Arpro Arquitectos e Ingenieros.</i>	67
<i>Ilustración 30. Fachada y ubicación oficina AIA Arquitectos e Ingenieros Asociados Colombia.</i>	67
<i>Ilustración 31. Fachada y ubicación oficina Ministerio del Interior de Colombia.</i>	68
<i>Ilustración 32. Imágenes de mediciones realizadas a las oficinas analizadas.</i>	70

<i>Ilustración 33. Equipo utilizado para la investigación HOBO Data Loggers U12-012.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 34. Equipo utilizado para la investigación T-DCI-F900-S-O.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 35. Equipo utilizado para la investigación HEAT INDEX WBGT METER DATALOGGER</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 36. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 37. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 38. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 39. Resultados encuestas iniciales de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 40. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 41. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 42. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 43. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 44. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Ladrillera Santa Fe.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 45. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 46. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 47. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 48. Resultados encuestas iniciales de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 49. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 50. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 51. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 52. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 53. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Setri Sustentabilidad.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 54. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina GBC Group.....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 55. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina GBC Group.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 56. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina GBC Group.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 57. Resultados encuestas iniciales de la oficina GBC Group.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 58. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina GBC Group.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 59. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina GBC Group.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 60. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina GBC Group.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 61. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina GBC Group.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 62. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina GBC Group.....</i>	<i>101</i>

<i>Ilustración 63. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 1 Amarilo.</i>	102
<i>Ilustración 64. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 2 Amarilo.</i>	102
<i>Ilustración 65. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 3 Amarilo.</i>	103
<i>Ilustración 66. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina 4 Amarilo.</i>	103
<i>Ilustración 67. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 1 Amarilo.</i>	104
<i>Ilustración 68. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 2 Amarilo.</i>	105
<i>Ilustración 69. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 3 Amarilo.</i>	105
<i>Ilustración 70. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina 4 Amarilo.</i>	106
<i>Ilustración 71. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 1 Amarilo.</i>	107
<i>Ilustración 72. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 2 Amarilo.</i>	107
<i>Ilustración 73. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 3 Amarilo.</i>	108
<i>Ilustración 74. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina 4 Amarilo.</i>	108
<i>Ilustración 75. Resultados encuestas iniciales de la oficina 1 Amarilo, 2 personas.</i>	109
<i>Ilustración 76. Resultados encuestas iniciales de la oficina 2 Amarilo, 5 personas.</i>	109
<i>Ilustración 77. Resultados encuestas iniciales de la oficina 3 Amarilo, 5 personas.</i>	110
<i>Ilustración 78. Resultados encuestas iniciales de la oficina 4 Amarilo, 6 personas.</i>	110
<i>Ilustración 79. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 1 Amarilo.</i>	112
<i>Ilustración 80. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 2 Amarilo.</i>	112
<i>Ilustración 81. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 3 Amarilo.</i>	113
<i>Ilustración 82. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina 4 Amarilo.</i>	113
<i>Ilustración 83. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 1 Amarilo.</i>	115
<i>Ilustración 84. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 2 Amarilo.</i>	115
<i>Ilustración 85. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 3 Amarilo.</i>	116
<i>Ilustración 86. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina 4 Amarilo.</i>	116
<i>Ilustración 87. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 1 Amarilo.</i>	118
<i>Ilustración 88. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 2 Amarilo.</i>	118
<i>Ilustración 89. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 3 Amarilo.</i>	119
<i>Ilustración 90. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina 4 Amarilo.</i>	119
<i>Ilustración 91. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 1 Amarilo.</i>	120
<i>Ilustración 92. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 2 Amarilo.</i>	121
<i>Ilustración 93. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 3 Amarilo.</i>	121

<i>Ilustración 94. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina 4 Amarilo.</i>	122
<i>Ilustración 95. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 1 Amarilo.</i>	123
<i>Ilustración 96. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 2 Amarilo.</i>	123
<i>Ilustración 97. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 3 Amarilo.</i>	124
<i>Ilustración 98. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina 4 Amarilo.</i>	124
<i>Ilustración 99. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Prodesa.</i>	125
<i>Ilustración 100. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Prodesa.</i>	126
<i>Ilustración 101. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Prodesa.</i>	127
<i>Ilustración 102. Resultados encuestas iniciales de la oficina Prodesa.</i>	128
<i>Ilustración 103. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Prodesa.</i>	129
<i>Ilustración 104. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Prodesa.</i>	130
<i>Ilustración 105. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Prodesa.</i>	131
<i>Ilustración 106. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Prodesa.</i>	132
<i>Ilustración 107. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Prodesa.</i>	133
<i>Ilustración 108. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina AIA.</i>	133
<i>Ilustración 109. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina AIA.</i>	134
<i>Ilustración 110. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina AIA.</i>	135
<i>Ilustración 111. Resultados encuestas iniciales de la oficina AIA.</i>	136
<i>Ilustración 112. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina GBC AIA.</i>	137
<i>Ilustración 113. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina AIA.</i>	138
<i>Ilustración 114. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina AIA.</i>	139
<i>Ilustración 115. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina AIA.</i>	140
<i>Ilustración 116. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina AIA.</i>	141
<i>Ilustración 117. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Arpro.</i>	141
<i>Ilustración 118. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Arpro.</i>	142
<i>Ilustración 119. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Arpro.</i>	143
<i>Ilustración 120. Resultados encuestas iniciales de la oficina Arpro.</i>	144
<i>Ilustración 121. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Arpro.</i>	145
<i>Ilustración 122. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Arpro.</i>	146
<i>Ilustración 123. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Arpro.</i>	147

<i>Ilustración 124. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Arpro.</i>	<i>148</i>
<i>Ilustración 125. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Arpro.</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 126. Temperatura y humedad relativa exterior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 127. Temperatura, humedad relativa, iluminación y velocidad del aire interior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 128. Temperatura exterior e interior durante la medición de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>152</i>
<i>Ilustración 129. Resultados encuestas iniciales de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 130. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de percepción térmica de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>154</i>
<i>Ilustración 131. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de preferencia térmica de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>155</i>
<i>Ilustración 132. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de sensación térmica de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>156</i>
<i>Ilustración 133. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y los votos de aceptación térmica de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>157</i>
<i>Ilustración 134. Relación entre los resultados de la temperatura operativa y el PMV calculado de la oficina Ministerio del Interior.</i>	<i>158</i>
<i>Ilustración 135. Porcentajes de grupos de edad de personas encuestadas.</i>	<i>159</i>
<i>Ilustración 136. Distribución de género de personas encuestadas.</i>	<i>159</i>
<i>Ilustración 137. Porcentajes de grupos de edad de personas encuestadas por género.</i>	<i>160</i>
<i>Ilustración 138. Estatura y peso de las personas encuestadas.</i>	<i>160</i>
<i>Ilustración 139. Porcentajes de los rangos de horarios de las personas encuestadas.</i>	<i>162</i>
<i>Ilustración 140. Distribución de tipos de aislamiento de ropa registrados por las personas encuestadas.</i>	<i>163</i>
<i>Ilustración 141. Datos exteriores de temperatura y humedad relativa, día tipo.</i>	<i>164</i>
<i>Ilustración 142. Temperatura del aire interior, día tipo.</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 143. Humedad relativa interior, día tipo.</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 144. Iluminación interior, día tipo.</i>	<i>166</i>
<i>Ilustración 145. Velocidad del aire interior, día tipo.</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 146. Temperatura de globo interior, día tipo.</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 147. Temperatura media radiante interior, día tipo.</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 148. Temperatura operativa interior, día tipo.</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 149. Percepción térmica encuesta inicial.</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 150. Preferencia térmica encuesta inicial.</i>	<i>170</i>
<i>Ilustración 151. Sensación térmica encuesta inicial.</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 152. Sensación movimiento del aire encuesta inicial.</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 153. Percepción humedad relativa encuesta inicial.</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 154. Percepción calidad del aire encuesta inicial.</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 155. Percepción iluminación encuesta inicial.</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 156. Aceptación térmica encuesta inicial.</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 157. Escala de percepción térmica encuesta de seguimiento.</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 158. Escala de preferencia térmica encuesta de seguimiento.</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 159. Escala de sensación térmica encuesta de seguimiento.</i>	<i>176</i>
<i>Ilustración 160. Escala de aceptación térmica encuesta de seguimiento.</i>	<i>177</i>
<i>Ilustración 161. Relación entre percepción térmica y edad encuesta de seguimiento.</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 162. Escala de percepción térmica según el género encuesta de seguimiento.</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 163. Relación entre percepción térmica y género encuesta de seguimiento.</i>	<i>179</i>
<i>Ilustración 164. Relación entre percepción térmica y peso encuesta de seguimiento.</i>	<i>180</i>
<i>Ilustración 165. Relación entre percepción térmica y estatura encuesta de seguimiento.</i>	<i>180</i>

<i>Ilustración 166. Relación entre percepción térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.</i>	181
<i>Ilustración 167. Relación entre percepción térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.</i>	181
<i>Ilustración 168. Relación entre preferencia térmica y edad encuesta de seguimiento.</i>	182
<i>Ilustración 169. Escala de preferencia térmica según el género encuesta de seguimiento.</i>	183
<i>Ilustración 170. Relación entre preferencia térmica y peso encuesta de seguimiento.</i>	183
<i>Ilustración 171. Relación entre preferencia térmica y estatura encuesta de seguimiento.</i>	184
<i>Ilustración 172. Relación entre preferencia térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.</i>	184
<i>Ilustración 173. Relación entre preferencia térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.</i>	185
<i>Ilustración 174. Relación entre sensación térmica y edad encuesta de seguimiento.</i>	186
<i>Ilustración 175. Escala de sensación térmica según el género encuesta de seguimiento.</i>	186
<i>Ilustración 176. Relación entre sensación térmica y peso encuesta de seguimiento.</i>	187
<i>Ilustración 177. Relación entre sensación térmica y estatura encuesta de seguimiento.</i>	187
<i>Ilustración 178. Relación entre sensación térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.</i>	188
<i>Ilustración 179. Relación entre sensación térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.</i>	189
<i>Ilustración 180. Relación entre aceptación térmica y edad encuesta de seguimiento.</i>	189
<i>Ilustración 181. Escala de aceptación térmica según el género encuesta de seguimiento.</i>	190
<i>Ilustración 182. Relación entre aceptación térmica y peso encuesta de seguimiento.</i>	190
<i>Ilustración 183. Relación entre aceptación térmica y estatura encuesta de seguimiento.</i>	191
<i>Ilustración 184. Relación entre aceptación térmica y tiempo residencia en Bogotá encuesta de seguimiento.</i>	191
<i>Ilustración 185. Relación entre aceptación térmica y duración en el puesto de trabajo actual encuesta de seguimiento.</i>	192
<i>Ilustración 186. Relación entre humedad relativa exterior y percepción térmica.</i>	193
<i>Ilustración 187. Relación entre temperatura del aire exterior y percepción térmica.</i>	193
<i>Ilustración 188. Relación entre temperatura del aire interior y percepción térmica.</i>	194
<i>Ilustración 189. Relación entre humedad relativa interior y percepción térmica.</i>	194
<i>Ilustración 190. Relación entre iluminación interior y percepción térmica.</i>	195
<i>Ilustración 191. Relación entre velocidad del aire interior y percepción térmica.</i>	196
<i>Ilustración 192. Relación entre temperatura de globo interior y percepción térmica.</i>	196
<i>Ilustración 193. Relación entre temperatura radiante interior y percepción térmica.</i>	197
<i>Ilustración 194. Relación entre temperatura operativa interior y percepción térmica.</i>	197
<i>Ilustración 195. Relación entre humedad relativa exterior y preferencia térmica.</i>	198
<i>Ilustración 196. Relación entre temperatura del aire exterior y preferencia térmica.</i>	199
<i>Ilustración 197. Relación entre temperatura del aire interior y preferencia térmica.</i>	199
<i>Ilustración 198. Relación entre humedad relativa interior y preferencia térmica.</i>	200
<i>Ilustración 199. Relación entre iluminación interior y preferencia térmica.</i>	200
<i>Ilustración 200. Relación entre velocidad del aire interior y preferencia térmica.</i>	201
<i>Ilustración 201. Relación entre temperatura de globo interior y preferencia térmica.</i>	202
<i>Ilustración 202. Relación entre temperatura radiante interior y preferencia térmica.</i>	202
<i>Ilustración 203. Relación entre temperatura operativa interior y preferencia térmica.</i>	203
<i>Ilustración 204. Relación entre temperatura del aire exterior e interior durante el tiempo de estudio.</i>	206
<i>Ilustración 205. Relación entre humedad relativa exterior e interior durante el tiempo de estudio.</i>	206
<i>Ilustración 206. Distribución de la percepción térmica de las personas encuetadas.</i>	207
<i>Ilustración 207. Distribución de la sensación térmica de las personas encuetadas.</i>	208
<i>Ilustración 208. Distribución de la preferencia térmica de las personas encuetadas.</i>	209
<i>Ilustración 209. Distribución de la aceptación térmica de las personas encuetadas.</i>	209

<i>Ilustración 210. Cálculos de PMV y percepción térmica en relación con la temperatura operativa registrada en el cuestionario de seguimiento.</i>	211
<i>Ilustración 211. Relación entre temperaturas exteriores y temperaturas operativas de confort térmico.</i>	213
<i>Ilustración 212. Los votos de confort térmico comparados con el rango de aceptabilidad del 80% y 90% del modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55.</i>	215
<i>Ilustración 213. Relación entre la humedad relativa interior y la temperatura operativa de confort térmico.</i>	218
<i>Ilustración 214. Relación entre la velocidad del aire interior y la temperatura operativa de confort térmico.</i>	218
<i>Ilustración 215. Relación entre la temperatura radiante interior y la temperatura operativa de confort térmico.</i>	219
<i>Ilustración 216. Relación entre la temperatura del aire interior y la temperatura operativa de confort térmico.</i>	219
<i>Ilustración 217. Relación entre iluminación interior y la temperatura operativa de confort térmico.</i>	220

TABLAS

<i>Tabla 1. Comparación modelos adaptativos existentes para la ciudad de Bogotá.</i>	36
<i>Tabla 2. Condiciones climáticas horarias y mensuales de Bogotá.</i>	41
<i>Tabla 3. Horarios de trabajo por oficina.</i>	50
<i>Tabla 4. Densidad de ocupación por oficina</i>	50
<i>Tabla 5. Cálculo de aislamiento de ropa (Clo).</i>	51
<i>Tabla 6. Tabla de especificaciones acabados oficina A. Ladrillera Santa Fe</i>	53
<i>Tabla 7. Tabla de especificaciones acabados oficina Setri Sustentabilidad</i>	54
<i>Tabla 8. Tabla de especificaciones acabados oficina C. GBC Group</i>	56
<i>Tabla 9. Tabla de especificaciones acabados oficina Amarilo</i>	58
<i>Tabla 10. Tabla de especificaciones acabados oficina Prodesa</i>	59
<i>Tabla 11. Tabla de especificaciones acabados oficina AIA</i>	61
<i>Tabla 12. Tabla de especificaciones acabados oficina Arpro Arquitectos e Ingenieros</i>	62
<i>Tabla 13. Tabla de especificaciones acabados oficina Ministerio del Interior de Colombia</i>	63
<i>Tabla 14. Fechas de medición por oficina</i>	69
<i>Tabla 15. Tabla de características y especificaciones equipo HOB0 Data Loggers U12-012</i>	71
<i>Tabla 16. Tabla de características y especificaciones equipo T-DCI-F900-S-O</i>	72
<i>Tabla 17. Tabla de características y especificaciones equipo HEAT INDEX WBGT METER DATALOGGER</i>	73
<i>Tabla 18. Encuesta inicial</i>	74
<i>Tabla 19. Encuesta de seguimiento</i>	75
<i>Tabla 20. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Ladrillera Santa Fe</i>	79
<i>Tabla 21. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Ladrillera Santa Fe</i>	80
<i>Tabla 22. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Ladrillera Santa Fe</i>	82
<i>Tabla 23. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Ladrillera Santa Fe</i>	82
<i>Tabla 24. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ladrillera Santa Fe</i>	83
<i>Tabla 25. Resultados de encuestas de aceptación térmica oficina Ladrillera Santa Fe</i>	84
<i>Tabla 26. Resultados de PMV y PPD oficina Ladrillera Santa Fe</i>	85
<i>Tabla 27. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Setri Sustentabilidad</i>	86
<i>Tabla 28. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Setri Sustentabilidad</i>	87
<i>Tabla 29. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Setri Sustentabilidad</i>	89
<i>Tabla 30. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Setri Sustentabilidad</i>	90
<i>Tabla 31. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Setri Sustentabilidad</i>	91

Tabla 32. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Setri Sustentabilidad	92
Tabla 33. Resultados de PMV y PPD oficina Setri Sustentabilidad.....	93
Tabla 34. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina GBC Group	94
Tabla 35. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina GBC Group	95
Tabla 36. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina GBC Group	97
Tabla 37. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina GBC Group.....	98
Tabla 38. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina GBC Group	99
Tabla 39. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina GBC Group	100
Tabla 40. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group.....	101
Tabla 41. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina 1 Amarilo.....	103
Tabla 42. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 1 Amarilo.....	106
Tabla 43. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 2 Amarilo.....	106
Tabla 44. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 3 Amarilo.....	106
Tabla 45. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina 4 Amarilo.....	106
Tabla 46. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 1 Amarilo 14 encuestas ...	111
Tabla 47. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas ...	111
Tabla 48. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas ...	111
Tabla 49. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas ...	111
Tabla 50. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 1 Amarilo 14 encuestas ...	113
Tabla 51. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas ...	114
Tabla 52. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas ...	114
Tabla 53. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas ...	114
Tabla 54. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 1 Amarilo 14 encuestas.....	116
Tabla 55. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas.....	117
Tabla 56. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas.....	117
Tabla 57. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas.....	117
Tabla 58. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 1 Amarilo, 14 encuestas.....	119
Tabla 59. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 2 Amarilo 18 encuestas.....	120
Tabla 60. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 3 Amarilo 36 encuestas.....	120
Tabla 61. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina 4 Amarilo 45 encuestas.....	120
Tabla 62. Resultados de PMV y PPD oficina 1 Amarilo 14 encuestas.....	122
Tabla 63. Resultados de PMV y PPD oficina 2 Amarilo 18 encuestas.....	123
Tabla 64. Resultados de PMV y PPD oficina 3 Amarilo	123
Tabla 65. Resultados de PMV y PPD oficina 4 Amarilo	124
Tabla 66. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Prodesa	125
Tabla 67. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Prodesa	126
Tabla 68. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Prodesa	128
Tabla 69. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Prodesa	129
Tabla 70. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Prodesa	130
Tabla 71. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Prodesa	131
Tabla 72. Resultados de PMV y PPD oficina Prodesa	132
Tabla 73. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina AIA.....	134
Tabla 74. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina AIA	135
Tabla 75. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina AIA	136
Tabla 76. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina AIA.....	137
Tabla 77. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina AIA	138
Tabla 78. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina AIA	139
Tabla 79. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group.....	140
Tabla 80. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Arpro	142
Tabla 81. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Arpro	143
Tabla 82. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Arpro	144
Tabla 83. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Arpro.....	145
Tabla 84. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Arpro	146
Tabla 85. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Arpro	147

<i>Tabla 86. Resultados de PMV y PPD oficina GBC Group.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 87. Valores de temperatura y humedad relativa exterior oficina Ministerio del Interior ..</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 88. Valores de temperatura y zona de confort térmico interior oficina Ministerio del Interior</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 89. Resultados de encuestas de percepción térmica oficina Ministerio del Interior.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 90. Resultados de encuestas de preferencia térmica oficina Ministerio del Interior</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 91. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ministerio del Interior</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 92. Resultados de encuestas de sensación térmica oficina Ministerio del Interior</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 93. Resultados de PMV y PPD oficina Ministerio del Interior</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 94. Datos de clima interior y exterior durante el periodo de muestra</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 95. Resultados oficinas (A-H) de la regresión entre la temperatura de confort térmico basada en la percepción térmica (-1,0,1) y datos exteriores (temperatura del aire, temperatura relativa y una regresión multivariable con la temperatura del aire y la humedad relativa). En gris, las oficinas excluidas.</i>	<i>212</i>
<i>Tabla 96. Modelos adaptativos para edificios con ventilación natural en comparación con el modelo propuesto, Tn= temperatura neutral, Tc= temperatura de confort térmico.</i>	<i>214</i>

BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook - Fundamentals*.
- ASHRAE. (2010). *ASHRAE STANDARD Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (Vol. 2010).
- Atmaca, I., Kaynakli, O., & Yigit, A. (2007). Effects of radiant temperature on thermal comfort. *Building and Environment*, 42, 3210–3220.
<https://doi.org/doi:10.1016/j.buildenv.2006.08.009>
- Auliciems, A. (1981). Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception. *Department of Geography, University of Queensland*, 25(2), 109–122.
- Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007). Thermal Comfort, DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES. *Passive and Low Energy Architecture International*.
- Busch, J. F. (1992). A tale of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. *Energy and Buildings*, 18(3–4), 235–249.
- C. Candido, R.J. de Dear, R. L. & L. B. (2010). Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. *Building and Environment*, 45, 222–229.
- Carla, J., Gonçalves, S., & Fernández, J. M. (2015). Highlands Zones : The Case of Bogotá. *Buildings*, 5, 1105–1130. <https://doi.org/10.3390/buildings5041105>
- Chávez Del Valle, F. J. (2002). Zona variable de confort térmico. Tesis Doctoral. In *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2016). *Once proyectos nuevos recibieron distinciones*. <https://www.cccs.org.co/wp/2016/05/26/once-proyectos-recibieron-distinciones-en-construverde-2016/>
- Damasceno, F. ., Schiassi, L., Yanagi, T., J., Osorio-Saraz, J. A., & Luiz-de Oliveira, J. (2016). Thermal assessment of ecological tiles in physical models of poultry houses. *DYNA*, 83(197), 114–119.
- Damiati, S. A., Zaki, S. A., Rijal, H. B., & Wonorahardjo, S. (2016). Field study on

- adaptive thermal comfort in office buildings in Malaysia , Indonesia , Singapore , and Japan during hot and humid season. *Building and Environment*, 109, 208–223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.024>
- de Dear, R J, Brager, G., & Cooper, D. (1997). *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*.
- de Dear, Richard J, & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549–561.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1990). *Colombia Estadística*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). *Boletín Técnico - Censo Edificaciones -CEED*.
- E. Arens, T. Xu, K. Miura, Z. Hui, M. F. & F. B. (1998). A study of occupant cooling by personally controlled air movement. *Energy and Building*, 27, 45–59.
- EN ISO 9920:2009. (2010). Estimación del aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de un conjunto de ropa. In *Ergonomía del ambiente térmico*.
- Fabbri, K. (2015). *Indoor Thermal Comfort Perception*.
- Fanger, P. (2007). Extension of the PMV-model for non-air-conditioned buildings in warm climates. *TVVL Magazine*, 36(1), 12–15.
https://www.etde.org/etdeweb/details_open.jsp?osti_id=20847956
- Fanger, P. O. (1970). Thermal Comfort, Analysis and applications in environmental engineering. *Danish Technical Press*, 92(3).
- Forgiarini Rupp, R., de Dear, R., & Ghisi, E. (2018). Field study of mixed-mode office buildings in Southern Brazil using an adaptive thermal comfort framework. *Energy and Buildings*, 158(1), 1475–1486.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.047>
- Frank, S., Raja, S., Bulcao, C., & Goldstein, D. (2000). Age-related thermoregulatory differences during core cooling in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279(1), 349–354.
- Freitas, L. C. S. R., Campos, A. T., Schiassi, L., Yanagi-Junior, T., & Cecchin, D. (2017). Fuzzy index for swine thermal comfort at nursery stage based on

- behavior. *DYNA*, 84(203), 201–207.
- Fuentes Pérez, C. A. (2016). Calificación ambiental de la vivienda. Estrategias de adaptabilidad higrotérmica. *Nova Scientia*, 8(16).
- García, A., Olivieri, F., Larrumbide, E., & Ávila, P. (2019). Thermal comfort assesment in naturally ventilated offices located in a cold tropical climate, Bogotá. *Building and Environment*, 158, 237–247.
- Gondo, T. (2011). Adaptive Co-management of Natural Resources: A Solution or Problem? *Journal of Human Ecology*, 33(2), 119–131.
- Griffiths, I. (1990). Thermal Comfort Studies in Buildings with Passive Solar Features. *Report to the Commission of the European Community*, ENS35 090.
- Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661–665.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- Hoyt, T., Schiavon, S., Piccioli, A., Cheung, T., Moon, D., & Steinfeld, K. (2017). *CBE Thermal Comfort Tool*. Center for the Built Environment, University of California Berkeley,. <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- Humphreys, M. A. (1976). Comfortable indoor temperatures related to the outdoor air temperature. *Building Research Establishment (Note PD117/76)*, U.K. Dept. of Environment.
- Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2000). Outdoor temperature and indoor thermal comfort: Raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database of field studies. *ASHRAE Transactions*, 106(485).
- Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2002). The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34(6), 667–684.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00018-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00018-X)
- Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insights and an extended database. *Building and Environment*, 63, 40–55.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024>
- Hwang RL, Lin TP, K. N. (2006). Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. *Energy and Buildings*, 38(1), 53–62.

- IDEAM. (2012). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero*.
- Iftikhar, A. R., Nicol, J. F., McCartney, K. J., & Humphreys, M. A. (2001). Thermal comfort: use of controls in naturally ventilated buildings. *Energy and Buildings*, 33, 235–244.
- Indraganti, M., Ooka, R., & Rijal, H. B. (2013a). Field investigation of comfort temperature in Indian office buildings: A case of Chennai and Hyderabad. *Building and Environment*, 65, 195–214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.007>
- Indraganti, M., Ooka, R., & Rijal, H. B. (2013b). Thermal comfort in offices in summer: Findings from a field study under the 'setsuden' conditions in Tokyo, Japan. *Building and Environment*, 61, 114–132. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.12.008>
- Indraganti, M., Ooka, R., Rijal, H. B., & Brager, G. S. (2014). Adaptive model of thermal comfort for offices in hot and humid climates of India. *Building and Environment*, 74, 39–53. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.01.002>
- Indraganti M, R. K. (2010). Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: a field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. *Energy and Buildings*, 42(3), 273–281.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *Condiciones Ambientales Térmicas de Inmuebles para Personas - NTC 5316*.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2004). *Estudio de la caracterización climática en Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelo*.
- International Organization for Standardization. (2006). *ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- J. Khedari, N. Yamtraipat, N. P. & J. H. (2000). Thailand Ventilation Comfort Chart. *Energy and Building*, 32, 245–249.
- Jindal, A. (2018). Thermal comfort study in naturally ventilated school classrooms in composite climate of India. *Building and Environment*, 142, 34–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.051>
- Juan Manuel, M., Carolina M, R., & Andrés, P. (2019). Thermal Comfort and

- Satisfaction in the Context of Social Housing: Case Study in Bogotá, Colombia. *Journal of Construction in Developing Countries*, 24(1), 101–124.
- KC, R., Rijal, H. B., Shukuya, M., & Yoshida, K. (2018). An in-situ study on occupants' behaviors for adaptive thermal comfort in a Japanese HEMS condominium. *Journal of Building Engineering*, 19, 402–411.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.05.013>
- Leyva, P. (1998). *El Medio Ambiente en Colombia Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*.
- M. Frontczak & P. Wargocki. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46, 922–937.
- Maykot Kuntz, J., Forgiarini Rupp, R., & Ghisi, E. (2018). Assessment of gender on requirements for thermal comfort in office buildings located in the Brazilian humid subtropical climate. *Energy and Buildings*, 158(1), 1170–1183.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.036>
- Medina, J. M., Rodriguez, C., & Coronado, M. C. (2020). *Primera Reunion Red Academica de Confort Termico en el Espacio Construido*.
- Medina, J. M., Rodriguez, C., Coronado, M., D'Ambrossio, M., & Medina, J. (2019). The Development of Data-Collection Methods for Thermal Comfort Assessment in Tropical Countries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2013). *Anexo 1 - Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*.
- Mishra, A. K., & Ramgopal, M. (2013). Field studies on human thermal comfort -An overview. *Building and Environment*, 64, 94–106.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.015>
- Molina, C., & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. *Revista de La Construcción*, 11(2), 27–38.
- Natarajan, S., Rodriguez, J., & Vellei, M. (2015). A field study of indoor thermal comfort in the subtropical highland climate of Bogota , Colombia. *Journal of Building Engineering*, 4, 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.10.003>
- Neila, J. (2004). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas

edificatorias. *Textos Sobre Sostenibilidad*.

- Nematchoua, M. K., Tchinda, R., Ricciardi, P., & Djongyang, N. (2014). A field study on thermal comfort in naturally-ventilated buildings located in the equatorial climatic region of Cameroon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 381–393.
- Nicol, F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34, 563–572.
- Nicol, J. F. (2004). Adaptive thermal comfort standards in the hot–humid tropics. *Energy and Buildings*, 36(7), 628–637.
- Nicol, J. F., Humphreys, M. A., & Roaf, S. (2012). *Adaptive Thermal Comfort - Principles and practice*.
- Nicol, J. F., Humphreys, M., & Roaf, S. (1995). *Standards for Thermal Comfort*.
- Pareja Arcila, J. C., Ferreira Tinoco, I. F., Osorio Saraz, J. A., Oliveira Rocha, K. S., & Lima Candido, M. G. (2018). Zootechnical and physiological performance of broilers in the final stage of growth subjected to different levels of heat stress. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(2), 8469–8476.
- Parsons, K. (2010). Thermal comfort in buildings. In *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings* (pp. 127–147).
- Rodriguez, C. M., Coronado, M. C., & Medina, J. M. (2019). Classroom-comfort-data: A method to collect comprehensive information on thermal comfort in school classrooms. *Methods X*, 6, 2698–2719.
- S.H. Ho, L. R. & M. M. R. (2009). Thermal comfort enhancement by using a ceiling fan. *Applied Thermal Engineering*, 29, 1648–1656.
- Sanyogita, M., Yash, S., Rajan, R., Leena E, T., & de Dear, R. (2016a). Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC). *Building and Environment*, 98, 55–70.
- Sanyogita, M., Yash, S., Rajan, R., Leena E, T., & de Dear, R. (2016b). Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC). *Building and Environment*, 98, 55–70.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.019>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). *Informe Anual - Red de Monitoreo de Calidad*

del Aire de Bogotá – RMCAB.

Sharma, M. R., & Ali, S. (1986). Tropical Summer Index—a study of thermal comfort in Indian subjects. *Building and Environment*, 21(1), 11–24.

Thapa, S., Bansal, A. K., & Panda, G. K. (2018). Thermal comfort in naturally ventilated office buildings in cold and cloudy climate of Darjeeling , India – An adaptive approach. *Energy and Buildings*, 160, 44–60.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.026>

Thapa, S., Bansal, A. K., Panda, G. K., & Indraganti, M. (2018). Adaptive thermal comfort in the different buildings of Darjeeling Hills in eastern India –Effect of difference in elevation. *Energy and Buildings*, 173, 649–677.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.058>

UNE-EN ISO 7726. (2002). *Ergonomía de los ambientes térmicos - Instrumentos de medida de las magnitudes físicas (ISO 7726:1998)*. 1–62.

Van Hoof, J. (2008). Forty years of Fanger’s model of thermal comfort: comfort for all? *Indoor Air*, 18(3), 182–201.

Webb, C. G. (1959). An analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. *British Journal of Industrial Medicine*, 16(4), 297–310.

Yamtraipat, N., Khedari, J., & Hirunlabh, J. (2005). Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level. *Solar Energy*, 78(4), 504–517.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.07.006>

Yang, L., Yan, H., & Lam, J. C. (2014). Thermal comfort and building energy consumption implications - A review. *Applied Energy*, 115, 164–173.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.062>