

**Estrategias de mejora del confort en edificios institucionales ubicados en clima tropical frio.
Caso de Estudio Edificio Aydée Anzola.**

Karol Viviana Peña Piracon.

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Diseño, Maestría en Diseño Sostenible.

Director:

Arquitecto, Mg. Rolando Arturo Cubillos González

Bogotá

2021



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Agradecimientos

A mi hija Samantha por ser mi sol y más grande amor, para que sepas que los sueños se hacen realidad cuando la intención se acompaña de acción y se camina de la mano de Dios, y a mis padres gracias por su apoyo y amor incondicional.

Resumen

El confort térmico en los edificios institucionales, dedicados a labores de oficinas ubicados en climas tropicales fríos, representa una condición prioritaria debido a las altas ocupaciones de personas en los diferentes espacios de trabajo, más aún, teniendo el condicionante de no tener una puesta a punto de la edificación en los siguientes tres años debido al limitado recurso económico y por ser una edificación pública.

A través del diseño sostenible, aplicando el método científico, se pueden diseñar estrategias necesarias para poner a punto la edificación específicamente en la búsqueda del confort térmico desde la evaluación bioclimática.

La presente investigación se enfocó en analizar y evaluar las diferentes variables climáticas exteriores e interiores que afectan el confort térmico al interior del Edificio Aydée Anzola, caso de estudio. Para lo cual se realizó el análisis del lugar, toma de mediciones cercanas al sitio con aparatos de comprobación de alta precisión con programas de medición del estándar Ashrae 55. Posteriormente con los datos obtenidos se realizó un diagnóstico de criticidad y se diseñaron estrategias pasivas que permitieron mejorar el confort térmico.

Para la evaluación de confort térmico del caso de estudio se aplicó la normativa internacional del estándar Ashrae 55, 62.1 y los requerimientos necesarios de cambio climático aplicables a Bogotá D.C., la simulación para la comprobación de las estrategias propuestas se realizó mediante los diferentes módulos de comprobación del software de análisis térmico dinámico Desingbuilder, versión 4.5.0.14.8 a través del motor energético Energy plus. Se tomó como base el anterior software de simulación teniendo en cuenta “la

importancia de metodologías de simulación dinámicas y holísticas fiables para evaluar el comportamiento energético integral durante la fase operativa de los edificios LSF.

Finalmente, el trabajo arrojó conclusiones de las estrategias propuestas, las cuales de manera predictiva se comprobaron en el software y posteriormente arrojaron el cumplimiento de las necesidades y condiciones normativas para lograr el confort térmico en el edificio de uso institucional del cual se dejaron registros en las diferentes ilustraciones y tablas incluidas en este documento.

Esta investigación se realiza en un momento único atípico derivado de las condiciones de ocupación del edificio causado por la emergencia sanitaria mundial a causa del virus SARS 2 COVID 19, y momentos de coyuntura política, social y económica en Colombia.

Palabras clave

Confort térmico, Diseño Sostenible, Estrategia Pasiva, Edificio Institucional, Clima Tropical Frio.

Abstract

Thermal comfort in institutional buildings, dedicated to office work located in cold tropical climates, represents a priority condition due to the high occupations of people in the different work spaces, even more so, having the condition of not having a set-up of the building in the next three years due to limited economic resources and because it is a public building.

Through sustainable design, applying the scientific method, the necessary strategies can be designed to fine-tune the building specifically in the search for thermal comfort from the bioclimatic evaluation.

This research focused on analyzing and evaluating the different outdoor and indoor climatic variables that affect thermal comfort inside the Aydée Anzola Building, case study. For which the analysis of the place was carried out, taking measurements near the site with high precision checking devices with measurement programs of the Ashrae 55 standard. Subsequently, with the data obtained, a criticality diagnosis was made and passive strategies were designed that allowed improve thermal comfort.

For the comfort evaluation of the case study, the international norm of the Ashrae 55, 62.1 standard and the necessary requirements of climate change applicable to Bogotá DC were applied, the simulation for the verification of the proposed strategies was carried out through the different modules of verification of the Desingbuilder dynamic thermal analysis software, version 4.5.0.14.8 via Energy plus energy engine. The previous simulation software was taken as a basis, taking into account “the importance of reliable dynamic and holistic simulation methodologies to evaluate the integral energy behavior during the operational phase of LSF buildings.

Finally, the work yielded conclusions of the proposed strategies, which were predictively verified in the software and subsequently revealed compliance with the needs and regulatory conditions to achieve comfort in the building for institutional use, of which records were left in the different illustrations and tables included in this document.

This research is carried out at a unique atypical moment derived from the occupation conditions of the building caused by the global health emergency caused by the SARS 2 COVID 19 virus, and moments of political, social and economic conjuncture in Colombia.

Keywords

Thermal comfort, Design

Justificación

En Bogotá los edificios destinados a usos administrativos del sector público representan una base robusta es la infraestructura física que en el tiempo han demandado mayor ocupación de personas y por ende necesidades en búsqueda del confort al interior de los espacios normalmente ocupados. Con base al estándar Ashrae “Any application of this standard must identify the occupants (who must have a residency of more than 15 minutes in the space) to which it applies”. (55, 2010)

Los aumentos de temperatura operativa en espacios son determinados por condiciones activas y pasivas, es decir por condiciones netamente arquitectónicas y cargas de equipos, aparatos e infraestructura de redes de servicio, computadores, entre otros. Sin embargo, las edificaciones buscan garantizar condiciones de confort por medio de sus departamentos de operación, mantenimiento y firmas administradoras lo cual implica entender diferentes condiciones medioambientales, variables bioclimáticas e inminentemente la materialidad y forma como has sido construidos los edificios.

Los edificios requieren un protocolo de verificación que garantice que las condiciones de diseño y su construcción cumplen y satisfacen las necesidades para las que fueron diseñadas, sin embargo, para las edificaciones públicas representa un dificultades derivado de la limitada disponibilidad presupuestal. El estándar Ashrae indica en su estándar de comisionamiento “The purpose of this guideline is to describe the Commissioning Process capable of verifying that a facility and its systems meet the Owner’s Project Requirements”.

Teniendo en cuenta lo anterior, además de entender que este caso de estudio presenta sindicatos, estos buscan a través de la satisfacción de los usuarios promover y garantizar las mejores condiciones de confort en la edificación.

Contenido

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
Abstract	6
Justificación.....	8
Objetivos generales	10
Objetivos específicos	10
Introducción	11
Marco Teórico.....	13
Estado del Arte.....	16
Metodología	19
Etapa 1 - Revisión literaria, análisis del lugar, mediciones y encuestas	23
Etapa 2 - Diagnostico y estrategias de la edificación.....	65
Etapa 3 - Simulación de comprobación.....	95
Conclusiones	110
Dificultades y barreras encontradas	114
Referencias bibliográficas	119
Lista de Ilustraciones.....	121
Lista de tablas.....	124

Objetivos generales

Diseñar estrategias sostenibles en un edificio de uso institucional de clima tropical frío que permitan mejorar el confort térmico.

Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de las variables que generan discomfort mediante mediciones térmicas .
- Diagnosticar el comportamiento térmico de la edificación institucional.
- Diseñar estrategias que mejoren el confort térmico en el edificio ubicado en clima tropical frío.

Introducción

Los edificios de oficinas administrativas ubicados en clima tropical frío, fueron denominados comúnmente como edificaciones de uso institucional para inmuebles del sector público en Colombia, representan el patrimonio de la nación y requieren garantizar en su etapa de ocupación, operación, administración y mantenimiento, las condiciones ambientales y bioclimáticas adecuadas para lograr la realización de las actividades humanas asociadas a su uso.

Con base en lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué estrategias de diseño sostenible permiten mejorar el confort térmico en un edificio institucional en clima tropical frío?

El objetivo general de esta investigación es diseñar estrategias sostenibles que mejoren el confort térmico al interior del edificio institucional ubicado en la ciudad de Bogotá. Para lo cual, se analizaron las condiciones actuales de confort térmico al interior y meteorológicas al exterior del edificio Aydée Anzola, caso de estudio, lo que permitió un diagnóstico del comportamiento térmico de la edificación institucional. Una vez analizados los datos obtenidos mediante simulación térmica dinámica se procede a diseñar estrategias que garanticen mejores condiciones de bienestar al interior de la edificación y a su vez permitan dar cumplimiento a la normatividad vigente.

La investigación se desarrolló en tres etapas, la primera consistió en una revisión literaria para seleccionar el método, en el análisis del lugar y en mediciones según la metodología establecida en esta investigación. No desarrollaron encuestas debido a la respuesta negativa por parte de la entidad. Se seleccionaron espacios destinados a juzgados ubicados en el segundo, cuarto y sexto piso, lo anterior considerando las constantes

solicitudes de sus ocupantes de dar solución a las condiciones climáticas que generan insatisfacción térmica. La segunda fase consiste en la evaluación y diagnóstico del comportamiento térmico de la edificación como resultado se proponen estrategia de diseño sostenible. Para finalizar, en la tercera fase se realizaron simulaciones térmicas dinámicas de comprobación que incluyeron las estrategias de diseño sostenible propuestas, lo que permitió identificar los escenarios de favorabilidad respecto al confort térmico.

Se concluye que la implementación de estrategias de diseño sostenible respecto a prestaciones técnicas de cristales, inercia térmica o masa térmica de la cubierta y la ventilación cruzada en los edificios de uso institucional de clima tropical frío, mejoran el confort térmico al interior de los espacios.

Anudado a lo anterior, el cristal con menor transmitancia térmica y menor SHG logra mejorar la temperatura operativa al interior de los despachos con un mayor porcentaje anual de confort térmico en relación a las demás estrategias propuestas.

En consecuencia , es posible contribuir a mejorar la calidad de vida de los funcionarios, usuarios y ciudadanos en general, por medio de la implementación de estrategias sostenibles que adicionalmente contribuyan a la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático.

NOTA: Requiere una validación de los datos obtenidos en CFD para futuras investigaciones.

Marco Teórico

El confort en las edificaciones institucionales representa una necesidad y una demanda actual no solamente vista como una condición de altos estándares de construcción o de edificaciones con uso de oficinas que se construyen y operan en el sector privado.

Particularmente las certificaciones ambientales promueven construcciones Bioclimáticas, con estrategias de diseño sostenible y condiciones técnicas que garanticen que durante la entrada en operación de una edificación se mantienen rangos de confort de acuerdo a la localización y las condiciones con las que fue construida la edificación, sin embargo, estas no garantizan dichas condiciones.

En Colombia, la adquisición de edificaciones institucionales en operación que actualmente cuentan con una certificación ambiental realmente es limitada. Solamente se tiene como referencia el edificio Paralelo 26 de la Contraloría General de la República (CGR) y un edificio del ministerio de defensa nacional denominado “Edificio Temporal Ministerio de Defensa nacional”. Los anteriores edificios si bien solamente uno (CGR) cuenta con certificación LEED, el otro adopto estrategias de sostenibilidad siendo en Colombia un referente de la más amplia complejidad debido a que se arma y desarma en tan solo quince días para ser montado en otra ubicación geográfica o latitudes.

Se puede evidenciar que incluso los proyectos que han optado a una certificación ambiental no representan garantía en la etapa de operación, administración y mantenimiento debido a que pasados los tres años, las firmas administradoras y operadoras,

no realizan los procedimientos de los estándares mandatorios de las normas internacionales derivado de los altos costos de su manutención y más aún derivado de la inexistente regulación Colombiana en la exigencia y control continuo en las condiciones de variables de confort en edificaciones institucionales existentes.

Adicionalmente, los proyectos en Colombia que presentan el formulario único nacional para expedición de licencia de construcción, indican una autodeclaración de cumplimiento de estrategias activas y pasivas en su etapa de operación, sin embargo, es una medida que no garantiza los requerimientos de la sostenibilidad, medidas activas y pasivas que se requieren para hacer frente al cambio climático. Un autor indica; “La auto declaración del constructor o diseñador actualmente no es verificables, no se mide, no son necesariamente un requisito de estricto cumplimiento, pues se podría escribir una auto declaración falsa con las eventuales consecuencias. Se traslada por lo tanto los porcentajes de ahorro en el consumo al usuario o propietarios del inmueble”. (LAGOS BAYONA, 2017).

Anudado a lo anterior y acuerdo con el programa internacional de cooperación urbana; “A pesar de la evidente necesidad generada por las crisis energéticas, cambio climático y desastres ambientales, la transición hacia la construcción verde y bioclimática ha sido un proceso lento y desordenado a nivel nacional. Por ejemplo, en la actualidad, no hay claridad absoluta para todos los actores del gremio de la construcción sobre las normativas vigentes y las exigencias reales. En consecuencia, no hay control sobre los procesos constructivos en materia de desempeño ambiental y los mejores ejemplos de construcción sostenible y bioclimática son iniciativas particulares. Esto implica que haya más normas, decretos y resoluciones que ejemplos construidos de su aplicación”. (Union Europea, 2017).

El libro denominado El futuro de Nuestras Ciudades indica que; “Dado que una gran parte del parque de edificios existente tiene una expectativa de vida razonable, es necesario que estos edificios se realicen de forma retroactiva para que estén a la par con los edificios nuevos mediante la actualización o la adaptación de medidas”. (Union Europea, 2019)

En otro punto, hoy se espera que las edificaciones que se vienen operando y aquellos próximos a la fase de operación, administración y mantenimiento, logren a través de la regulación de la legislación nacional colombiana reglamentar la medición y verificación del confort y estrategias bioclimáticas. Lo anterior debido a que es una de las principales fuentes de quejas, reclamos y desaprobación por los trabajadores, representan el descontento e incomodidad y una relación directa con el número de incapacidades que anualmente reportan las agencias de riesgos laborales.

También es de entender que las condiciones de confort por medio de sistemas pasivos es una condición de profundo enfoque arquitectónico por las múltiples variables que la conceptualización del diseño de un edificio representa en la toma de decisión, por esta razón las estrategias y diseños Bioclimáticos deben ser una condición a establecer, evaluar, diseñar, calcular, medir, verificar y comprobar por parte de los Arquitectos.

En efecto, una edificación que durante su fase de diseño, construcción, operación y administración, mida, diseñe, calcule, verifique y realice repotenciación anual de las edificaciones institucionales podría lograr cumplir las condiciones mínimas de confort o confort adaptativo lo cual repercute en la satisfacción de sus residentes y que además logre cumplir con la normativa y la conciencia de mejoramiento de la infraestructura en este cambio de paradigma más aun en épocas coyunturales de cambio climático.

Se espera que, con el reconocimiento de las anteriores limitaciones y aplicación del seguimiento y control de estrategias bioclimáticas medibles, comprobables, con monitoreo por lo menos con frecuencia anual en edificaciones institucionales, se logre un nivel de confort aceptable de acuerdo a la norma reglamentaria, en este caso la resolución 0549 de 2015 y el estándar Ashrae 55 el cual evalúa los factores que generan condiciones aceptables de confort para la mayoría de personas que ocupan la edificación y especifica los rangos de aceptabilidad.

Estado del Arte

Las edificaciones institucionales, denominadas así de acuerdo con la norma de sismo resistencia de Colombia “nsr-2010”, presentan desde el anterior año un aumento en las unidades inmobiliarias en Colombia debido a la necesidad en la demanda de servicios de la administración pública aplicables a la jurisdicción nacional. Sin embargo, informes indican que sectores como el energético “In Bogotá, the demand for energy has increased in recent decades from five main sectors: residential, industrial, transport, services and others (government buildings, public lighting, etc.” (Garcia, Olivieri, Larrumbide, & Ávila, 2019).

La infraestructura física de edificios de la administración pública localizados en el caso atípico del clima tropical frío de Bogotá, demandan que las edificaciones tengan la capacidad no solamente de cambiar su infraestructura de servicios, si no de espacios que ambientalmente presenten condiciones adecuadas de habitabilidad y confort para el desarrollo de las actividades humanas.

Por lo anterior, es necesario buscar que las edificaciones actuales que presentan ocupaciones humanas destinadas a labores institucionales, administrativas y relacionadas a oficinas, cumplan con franjas mínimas de confort para garantizar un trabajo saludable, con

las calidades ambientales requeridas en los tiempos coyunturales de cambio climático y además que logren un cambio de fase en su comportamiento técnico inherente en sus materiales de construcción para lograr el confort térmico aun siendo una latitud no estacional.

En Bogotá son pocos los estudios asociados a la evaluación del confort térmico en edificaciones públicas ocupadas en los últimos años, sin embargo, un autor “tomó como referencia los datos del proyecto Edificio Torre A CAD ubicado en Bogotá (Cundinamarca), en la Av. El Dorado #29-29, con uso institucional y servicios empresariales donde se tomaron mediciones con equipos puntuales respecto a las áreas internas y externas durante la operación del edificio.” (Rodríguez Poveda, 2019). Siendo uno de los pocos referentes para la evaluación del confort Bioclimático de edificios públicos, se evidencia la necesidad de medir y evaluar el confort en las edificaciones existentes dedicadas a usos institucionales públicos, además de evidenciar que una certificación ambiental no garantiza en etapa de operación unas buenas condiciones de confort.

El caso de estudio, Edificio Aydée Anzola sede propia de la Dirección Ejecutiva Seccional de Administración Judicial Bogotá- Cundinamarca y Amazonas ubicado en Bogotá D.C.; una ciudad atípica debido a su clima tropical frío, estando a una latitud de 4 grados respecto a la línea ecuatorial y una altura de 2554 msnm; es una edificación que presenta al interior sensaciones térmicas de frío en el piso 2, en el piso 4 una sensación de estabilidad térmica o confort y en el piso 6 una condición de temperaturas excesivamente altas.

La demanda de infraestructura de redes de servicio, equipos de cómputo, aparatos, redes como electrobarras, ups, monitores de computadores, impresoras, la temperatura corporal de los ocupantes y en especial las condiciones de la materialidad definida en los muros, las ventanas, los pisos, la cubierta de la arquitectura del edificio son la respuesta a la naturaleza del comportamiento térmico y sensación de confort al interior de la edificación.

Sin duda, existe estratificación térmica en las edificaciones, especialmente acentuada con mayor fuerza en edificios dedicados a labores de oficinas y edificios institucionales, lo cual hace necesario medir, analizar, evaluar la localización del sitio, condición meteorológica, variables climáticas y ambientales tanto al interior y exterior de las edificaciones.

Con la normativa reciente asociada edificaciones sostenibles (IDEAM, 2015), (Ministerio de Vivienda, 2015) (Committee, 2007), (55, 2010) y con el aumento de certificaciones ambientales para edificaciones como Leed, Edge, Casa Colombia, Bogotá construcción sostenible, Well y Passive House principalmente, se evidencia que sin duda se hace determinante que las edificaciones actualmente en etapa de ocupación en Bogotá, presenten una transformación en el camino de búsqueda de la resiliencia en las edificaciones públicas con uso institucional que garanticen condiciones de confort a los ocupantes, sin embargo se requiere control anual bioclimático y de confort.

Igualmente se espera que en los próximos planes de inversión de dichas edificaciones, los rubros dedicados a analizar el confort, las condiciones de estudio y diseño Bioclimático cobren más fuerza teniendo en cuenta que la regulación sigue presentando avances como ocurre con la resolución 0549 de 2015 que incorporará próximamente los requerimientos

de estudio y diseño Bioclimático en edificaciones construidas en etapa de operación, administración y mantenimiento aplicable a la jurisdicción Colombiana.

Metodología

Esta investigación con finalidad académica, tiene como objetivo el diseño de estrategias sostenibles para el edificio institucional, lo cual lo hace un trabajo investigativo y experimental. La investigación aplica el método científico a través de tres etapas, la primera es la revisión literaria, análisis del lugar, verificación de mediciones interiores y exteriores cercanas a la edificación caso de estudio, aplicación de encuestas puntuales a los ocupantes durante la toma de datos. La segunda etapa se enfoca en el diagnóstico de la edificación y definición de estrategias, la tercera etapa se enfoca en la comprobación de las estrategias mediante la simulación térmica dinámica, lo anterior según la Ilustración 1.

Los edificios requieren un protocolo de verificación que garantice que las condiciones de diseño y su construcción cumplen y satisfacen las necesidades para las que fueron diseñadas, sin embargo, para las edificaciones públicas representa un dificultades derivado de

la limitada disponibilidad presupuestal.



Ilustración 1. Metodología de investigación - Edificio Institucional. Fuente: Elaboración propia

La investigación se basa analizar, evaluar y diagnosticar los pisos que presentan discomfort por temperatura operativa previo a los registros obtenidos mediante simulaciones térmicas. Los componentes que se tuvieron en cuenta fueron la percepción del confort de los ocupantes, la temperatura operativa, temperatura radiante, humedad, la ventilación, la irradiancia, los materiales existentes, ocupación, metabolismo, valor clo y cargas activas por iluminación y equipos. Se preguntó puntualmente a las personas su grado de satisfacción respecto al confort térmico debido a que no se permitieron encuestas masivas por parte de la administración de la edificación, igualmente se dejaron registros en

encuestas puntuales anexas a este documento. Con lo anterior se logra determinar la manera más adecuada de puesta a punto del confort térmico en la edificación en la etapa de uso, ocupación y operación.



Ilustración 2. Lugares de investigación Bioclimática. Fuente: Elaboración propia

Esta investigación realiza una revisión de bases científicas a nivel mundial como parte de los lineamientos de la metodología propuesta al igual que de la normativa aplicable al caso de estudio. Particularmente se basa en la resolución 0549 (CONPES, 2017), Política de Construcción Sostenible (IDEAM, 2015) y el estándar Ashrae (55, 2010) por la confiabilidad de los registros climatológicos y meteorológicos a través de las fuentes oficiales en Colombia.

Las encuestas puntuales se desarrollan para medir la sensación de confort en los tres niveles de la edificación ocupados aplicando lineamientos referentes al PMV y PPD al estándar Ashrae 55. Cabe destacar que se toma la referencia de la siguiente publicación que indica “ The PMV and PPD indices of thermal comfort refer to the average conditions of

the environment. In addition to these, factors of local thermal comfort must be considered, which may depend on: – microclimatic situations that are particular and localised in a part of the space, for example, close to the windows or in the proximity of the terminals of the heating system; – individual variables, floor temperature, vertical asymmetry, air draughts, etc. (Piraccini & Fabbri, 2018).

Las mediciones se toman con una fracción de tiempo “se tomaron mediciones ambientales en al menos una semana” (Garcia, Olivieri, Larrumbide, & Ávila, 2019) , cada uno de los tres espacios del piso 2, piso 4 y piso 6, fueron medidos por medio de aparatos de alta precisión, algunos de conexión digital para toma de registros. Principalmente se realizaron mediciones según indicación del estándar Ashrae y EN 15758. Respecto al procedimiento de medición, un autor indica “EN 15758 defines the procedure to measure air temperature and of surfaces internal and external areas. Air temperature is easily measured with a thermometer, while effective temperature including radiant contribution (or mean radiant temperature) is measured with a black-globe thermometer. Standard EN ISO 7726 for the measuring” (Fabbri, 2018).

La finalidad es diseñar estrategias de mejora del confort térmico en el edificio institucional ubicado en clima frío tropical. Es importante destacar que los materiales especialmente de la envolvente de primera y segunda piel son evaluados toda vez que visualmente presentan buenas condiciones, lo que conlleva a entender sus prestaciones y estrategias bioclimáticas para proponer o poner a punto el sistema pasivo en caso que no tengan una buena respuesta técnica. Por lo anterior se analiza especialmente la piel en cristal y aluminio puesto que “los marcos de acero puentes térmicos son más expresivos en este tipo, lo que conduce a mayores pérdidas de calor y ganancias.” (ADAI, 2017).



Ilustración 3. Fachada norte-Envolvente-Materialidad. Edificio Aydeé Anzola-Bogotá.

Fuente: Elaboración propia

Esta investigación, busca avanzar en los rangos de confort térmico para edificaciones institucionales gubernamentales buscando estrategias que logren subsanar o poner a punto las edificaciones desde las condiciones pasivas independientemente si tiene previamente estudios o diseños bioclimáticos además de certificaciones ambientales.

Etapa 1 - Revisión literaria, análisis del lugar, mediciones y encuestas.

Se realiza la revisión literaria de fuentes científicas indexadas internacionales y normas, además de casos de estudio como soporte en temas específicos de esta investigación, en especial por la seguridad y confiabilidad de los datos y resultados.

Posteriormente se realizan encuestas puntuales para medir el nivel de satisfacción a los ocupantes o residentes del edificio en los pisos que presentan discomfort según requerimientos presentados a la Entidad. Se tomó como referencia la opinión de un autor “In assessing the thermal environment, one needs to consider all ambient parameters, the

insulating properties of the occupants' clothing, and the activity level of the occupants by means of heat balance models of the human body. Apart from thermal parameters, air Quality (measured and perceived) is also of importance for wellbeing and health in indoor environments" (Höppe & Martinac, 1998).

Con relación al confort, además de las condiciones pasivas arquitectónicas, también intervienen las costumbres de los ocupantes, al igual que su edad, sexo, metabolismo y lugar exacto donde frecuenta su actividad laboral ya que todos los cuerpos experimentan respuestas diferentes a las exposiciones ambientales. El anterior autor también hace referencia que "At high humidity levels, occupants tend to describe the air quality in a room as "stale". This was shown in a study by Berglund and Suppan (1989). Even odours are perceived more intensively when the air is very humid. At relative humidities below 40% the probability of electrostatic charging of certain floor covers increases. In particular, wall-to-wall carpets made of synthetic fibrestend to become charged by friction under such conditions". (Höppe & Martinac, 1998)

Con relación a las mediciones, se utilizaron diferentes aparatos, equipos digitales y se tomaron datos de la Estación del aeropuerto el Dorado, con el fin de entender y registrar las condiciones del microclima en el edificio medidos en un tiempo determinado. La duración para la toma de registros del termohigrómetro fue definida por la entidad distrital teniendo en cuenta la dificultad y restricción en este edificio por pertenecer al sector público, gobierno de Colombia, y teniendo como condicionante la seguridad que implica análisis en temas técnicos de un edificio de juzgados debido a la normal presencia de personas que representan riesgos o amenaza por diferentes sectores sociales.

Las mediciones registradas fueron importantes toda vez que existe una relación directa para lograr el confort entre las variables de temperatura, ventilación y la humedad principalmente. Un autor registra en una publicación que "The results reported in this paper indicated a clear dependence of indoor comfort temperatures on outdoor air temperatures (instead of outdoor effective temperature ET* used in RP-884), especially in buildings that were free-running or naturally ventilated" (De Dear & Schiller Brager, 2001).

De acuerdo a lo anterior, las encuestas puntuales sobre nivel de satisfacción del confort se desarrollaron con base al estándar Ashrae 55, se incluyeron algunas variables adicionales relevantes en la edificación, también se tomaron registro de mediciones en los tres espacios ocupados de tres pisos, piso dos, cuatro y seis, los cuales arrojaron la siguiente información tanto para la encuesta como para las mediciones:

A Continuación, se muestran los resultados de las mediciones por medio de registros, los cuales fueron graficados digitalmente con base en las frecuencias de mediciones de los equipos ubicados en los pisos dos, cuatro y seis respectivamente, igualmente se tomaron mediciones puntuales del piso seis entendiendo que es el piso de mayor afectación:

Comportamiento Temperatura operativa		
Medición. 1 (Piso 2)	Medición. 2 (Piso 4)	Medición. 5 (Piso 6)
18.17	21.24	22.21

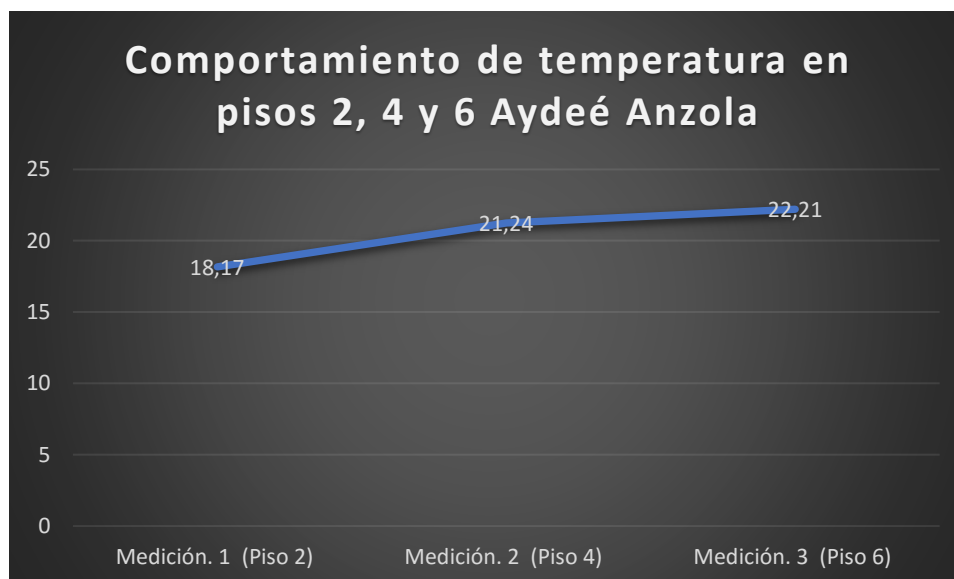


Ilustración 4. Mediciones de Temperatura en sitio pisos 2, 4 y 6 al 30% de ocupación

La anterior Ilustración 4. Mediciones de Temperatura en sitio pisos 2, 4 y 6 registra el comportamiento promedio de los tres pisos (piso dos, cuatro y seis) según las mediciones tomadas durante doce días continuos en época de pandemia y de momentos coyuntural de paro nacional, toques de queda y condiciones políticas y sociales en Colombia, estos determinan bajas ocupaciones en la edificación durante las mediciones. Cabe destacar que los anteriores registros se tomaron en los siguientes espacios, los cuales fueron los aprobados por la administración, oficina de apoyo y seguridad del edificio:

Mediciones permitidas según administración de la edificación		
No Piso	Espacio específico	Orientación
2	Sala de audiencias	Sur-Oriente
4	Despacho Judicial	Norte-Oriente
6	Despacho judicial	Norte oriente

Tabla 1. Mediciones permitidas según administración

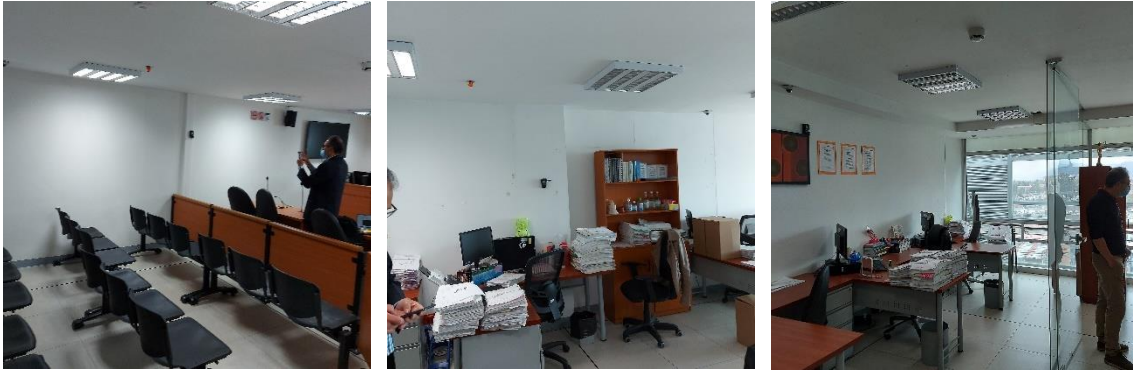


Ilustración 5. Ubicación de Datalogger en pisos dos, cuadro y seis. Elaboración propia

Alternamente se realizaron mediciones especiales en un despacho judicial del piso seis debido a que se presenta aumento de las temperaturas a nivel que se recorre la planta tipo del edificio, siendo la parte central la de mayor afectación. A continuación, mediciones específicas en un despacho judicial.

Mediciones de Iluminación al Interior del Despacho Central del Piso Seis

Al interior del espacio se pudo evidenciar que los puestos ubicados inmediatos a la ventana presentan disconfort lumínico debido a la exposición solar directa lo cual genera deslumbramiento en los ojos de las personas, aumento de los niveles de iluminancia, además de aumento de la temperatura de dichos espacios a continuación se muestran las dos condiciones medidas en un mismo momento en el puesto contra la ventana y en el puesto lejano a la ventana. Cabe aclarar que se cuenta con iluminación artificial durante todo el día de las horas ocupadas.



Ilustración 6. Registro de niveles de iluminación al interior del despacho central del piso 6.

Elaboración propia

Mediciones de materiales ferrosos y no ferrosos al interior del despacho central del piso seis

Al interior del espacio se pudo evidenciar que no se presentan cargas térmicas especiales como motores generadores de alta temperatura que puedan afectar la condición térmica de las áreas de puestos de trabajo. El equipo refleja en rojo elementos ferrosos y no ferrosos lo cual apoya en parte la medición termográfica en el escenario de determinar paso de redes eléctricas, electrónicas o electromecánicas que pueden generar puntos calientes en los muros del despacho judicial. En verde momento de no presencia de este tipo de materiales y en rojo presencia de paso de redes eléctrica, tuberías mt y perfilería galvanizada del sistema liviano de los muros.



Ilustración 7. Registro de elementos ferrosos y no ferrosos al interior del despacho central del piso 6. Elaboración propia

Mediciones de radiación al interior del despacho central del piso 6

Al interior del espacio se tomó registro de radiación para verificar la posible existencia de equipos especiales, sin embargo, la medición arrojó que no se encuentra afectación por radiación de equipos que puedan determinar emisividad y evidenciar equipos disipadores de radiación que normalmente también aportan o disipan calor al ambiente.



Ilustración 8. Mediciones de radiación al interior del despacho central del piso seis.

Elaboración propia

Mediciones de ventilación al interior del despacho central del piso 6

Al interior del espacio se tomaron registros de ventilación los cuales teniendo las ventanas abiertas al 60% arrojan velocidades de vientos de 5.29, 6.59, 17.32 m/s, lo cual puede determinar una excelente y elevada ventilación en el área de ocupación frecuente. Sin embargo, en esta oficina no se presenta normalmente renovaciones de aire debido a que las basculantes no se abren por condición antrópica derivado del metabolismo de las personas que habitan la oficina, esto genera aumento desbordado de temperatura de hasta 29 °C y cero renovaciones de aire. Es importante mencionar que esta medición se tomó inmediato a la basculante, no obstante, a solo 60 cm de distancia el aire no ingresa, como tampoco a dos metros y a cuatro metros.



Ilustración 9. Mediciones de ventilación al interior del despacho central del piso seis.

Elaboración propia

Mediciones de temperatura superficial de materiales al interior del despacho central del piso 6

Al interior del espacio se tomaron registros de temperatura superficial de materiales realizadas sobre las siguientes superficies:

- Placa de piso con lamina colaborante más mortero y porcelanato.

- Superficie de plasterboard o solución de yeso cartón.
- Marco en aluminio crudo común del sistema de ventanería
- Superficie de plasterboard o solución de yeso cartón en cielo raso

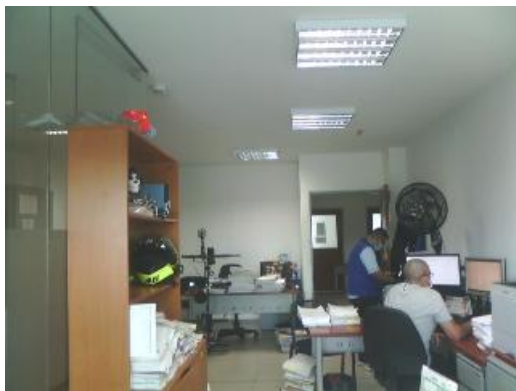
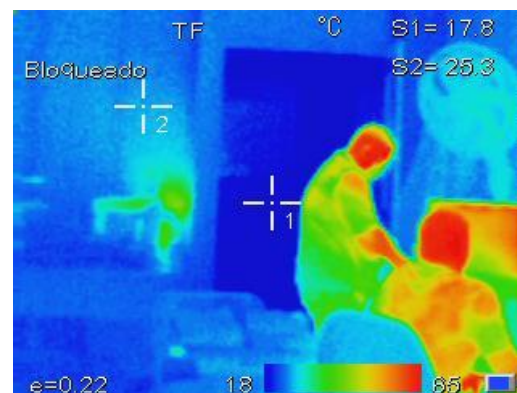
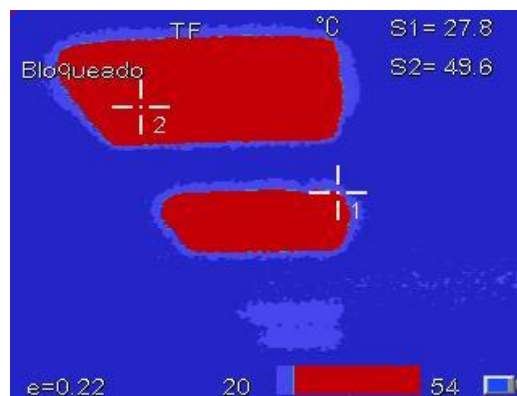
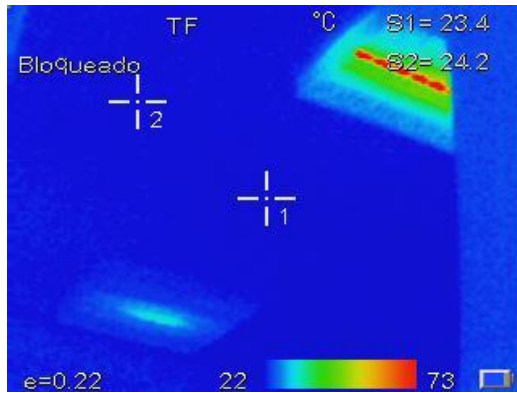


Ilustración 10. Medición de temperatura superficial de materiales (piso, muro, ventana y techo). Elaboración propia.

Mediciones termográficas al interior del despacho central del piso 6

Se tomaron registros a las tres de la tarde para determinar el aporte de calor hacia el espacio de trabajo generado por la transmitancia térmica de los diferentes materiales,

equipos, aparatos, o elementos disipadores de calor y aquellos que aportan mayor temperatura al espacio. En azul materiales con menor emisividad y en rojo materiales con mayor emisividad.



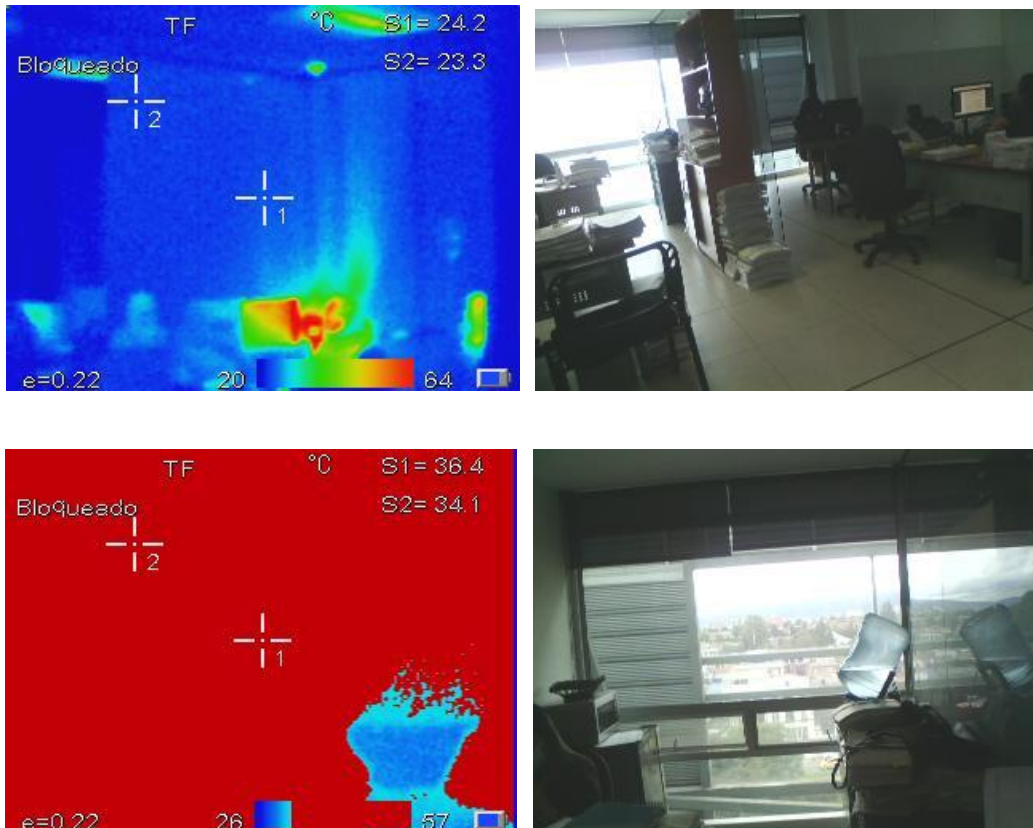


Ilustración 11. Termografías al interior del despacho central del piso seis. Elaboración propia

Mediciones Termográficas al Interior de la Escalera en Piso 6

Se tomaron registros a las cuatro de la tarde para determinar el aporte de calor hacia el interior del edificio generado por la transmitancia térmica de los diferentes materiales, en este caso aluminio y policarbonato. Se evidencia sobre calentamiento sobre las superficies del policarbonato y perfilaría de aluminio.

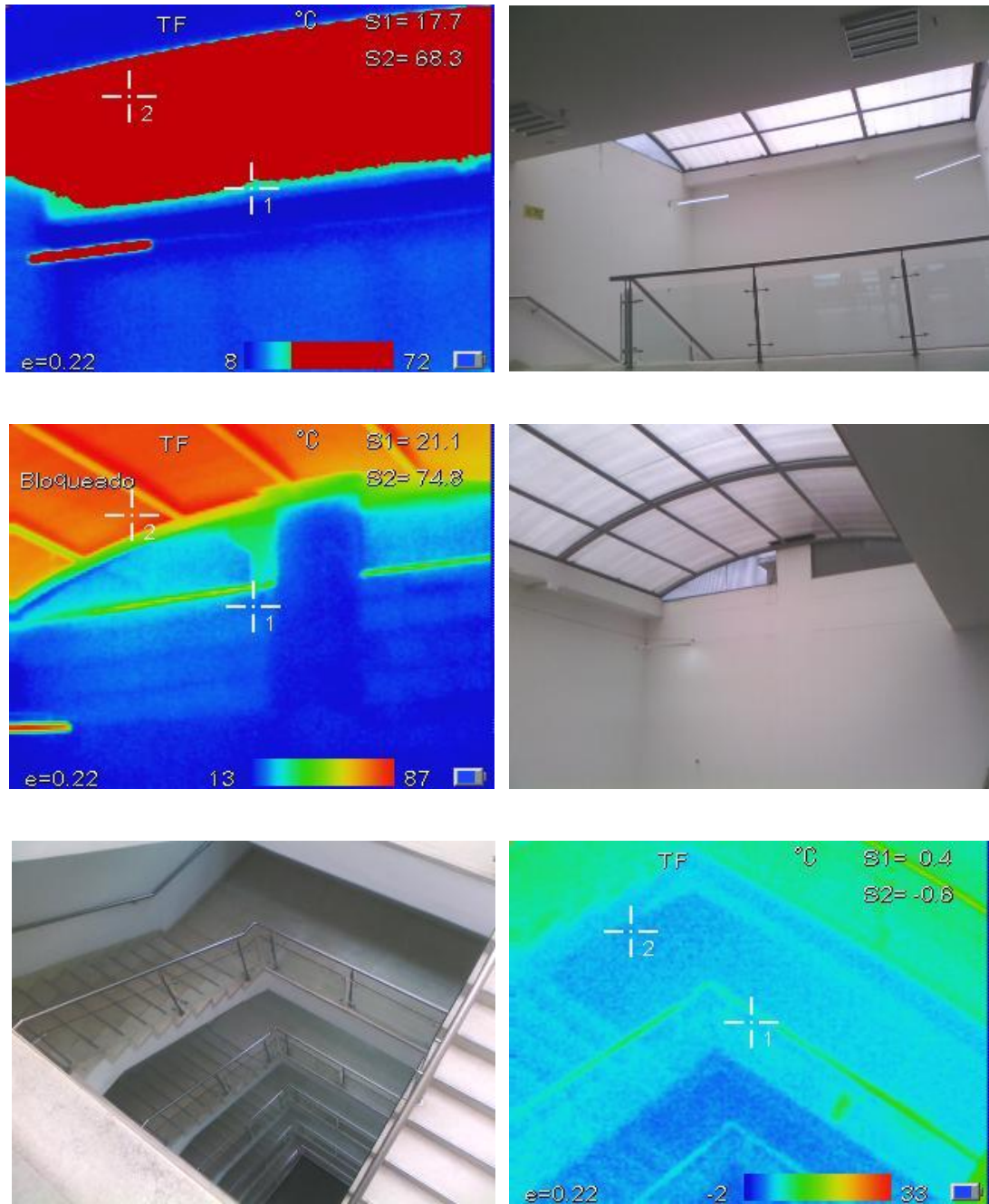


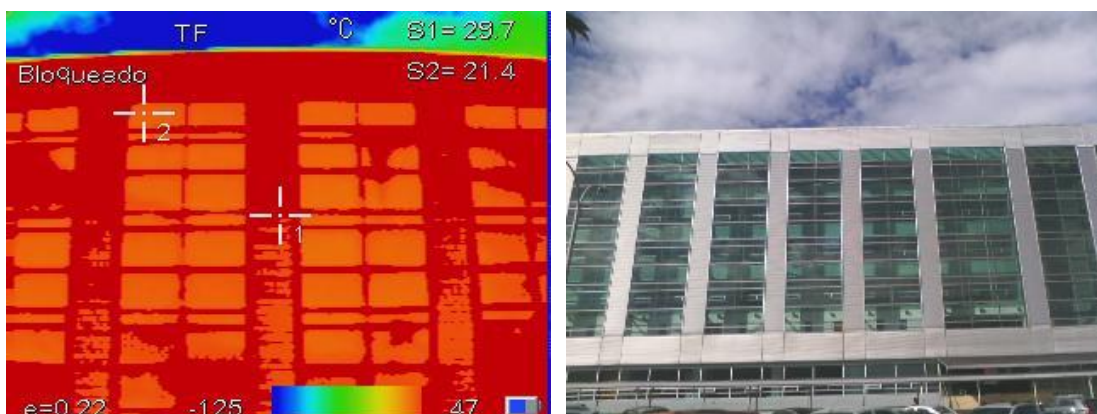
Ilustración 12. Termografías al interior de la escalera y cubierta de escalera central tomada desde el piso 6. Elaboración propia

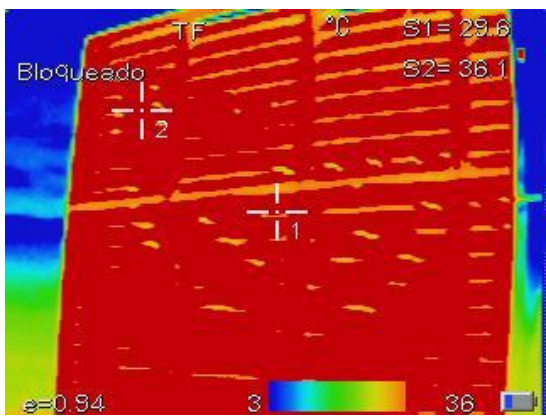
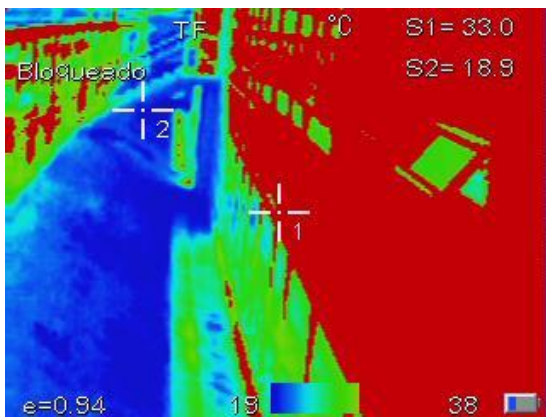
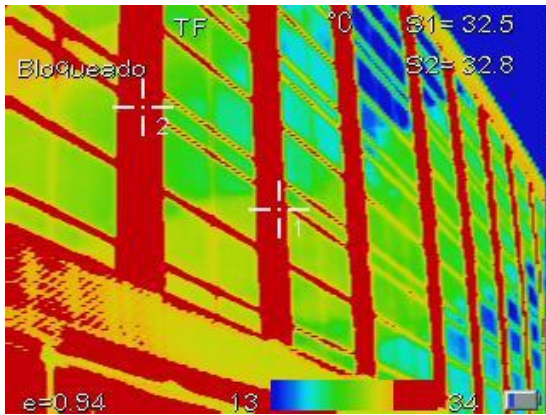
Mediciones Termográficas de las Fachadas Expuestas Norte-Oriente y Sur-Oeste

Se tomaron registros a las dos fachadas expuestas, el norte oriente (naciente) y sur-oeste al (poniente). De igual manera se tomaron registros del piso negativo expuesto al terreno verde natural vegetal y se tomaron registros de la cubierta tanto de la placa impermeabilizada con pintura bituminosa y del cortasol del punto fijo en aluminio.

Lo anterior permitió evidenciar que a mayor área con material vidriado y de aluminio mayor es la temperatura, mientras que las áreas expuestas contra terreno natural o fachadas en mampostería tradicional de arcilla, mantienen temperaturas más bajas en comparación con los cristales. Por otro lado, la cubierta presenta buena temperatura superficial pero al tener poca inercia esta se pierde rápidamente y transmite el calor que gana dicha superficie.

Las siguientes ilustraciones son registros del calentamiento y temperatura superficial de los materiales existentes tomados en sus fachadas. Es determinante en el comportamiento térmico del edificio comprender que las áreas acristaladas tienen una especificación con valores “U” mayores a 5. A continuación los registros termográficos.





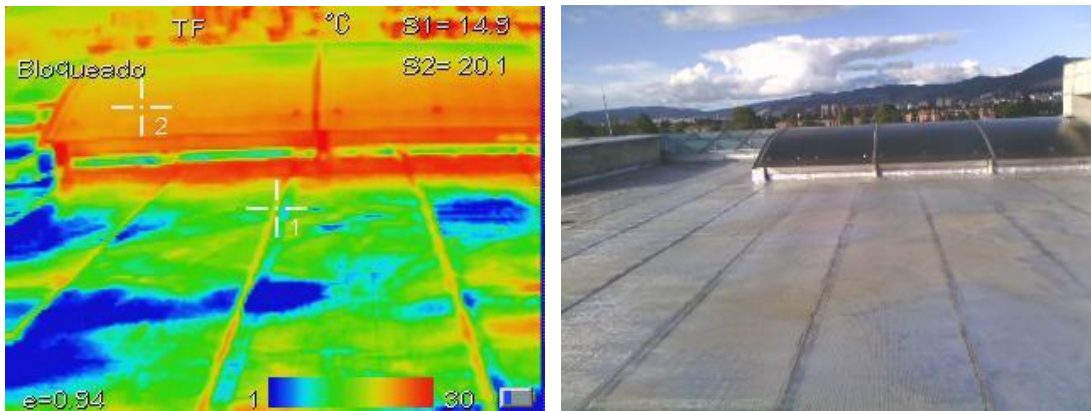


Ilustración 13. Termografías tomadas a las fachadas de mayor longitud y cubierta. Fuente:

Elaboración propia

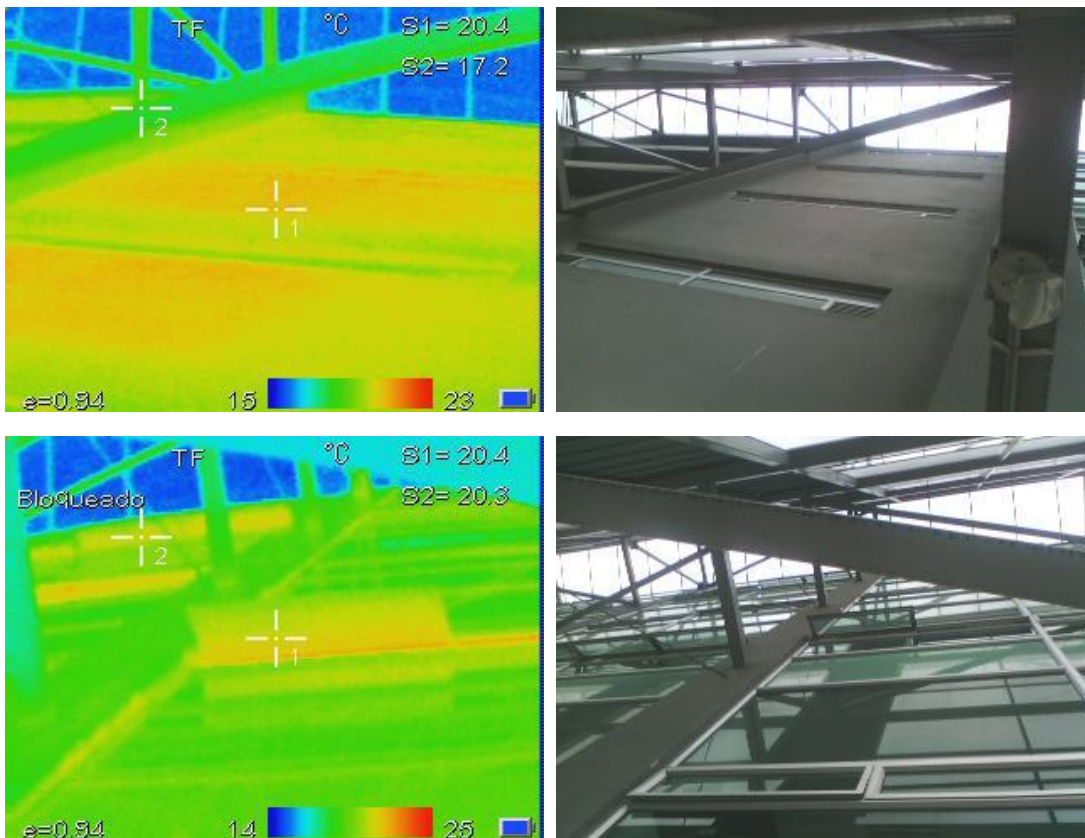




Ilustración 14. Termografías en corredores efecto Stack. Fuente: Elaboración propia

Las termografías en efecto Stack fueron tomadas en un día nublado, de baja temperatura (09-06-2021), sin embargo, teniendo en cuenta esta condición, la fachada interna compuesta por cristal y arcilla transmite la temperatura al interior de las zonas administrativas y de oficinas debido a la rápida transmitancia térmica de la primera piel en aluminio y vidrio.

Las ilustraciones anteriores muestran como la incidencia solar, la orientación del edificio, la emisividad y conductividad de materiales generan absorción de calor que posteriormente aportan positivamente o negativamente al confort térmico de los espacios internos. Así mismo, independientemente de las ganancias de temperatura, condiciones activas y pasivas, también interviene fundamentalmente el metabolismo de los ocupantes y sus condiciones físicas.

Las personas determinan el confort dependiente de su condición física como edad, sexo, vestimenta, metabolismo, entre otras. Según lo anterior, se toma como referencia una investigación lo que indica “It is generally considered that older people prefer higher air temperatures for comfort than do younger, more active people. Collins and Hoinville (1980) compared the comfort votes of 16 elderly and 16 young adult subjects. They found

that, when the data were ‘corrected’ for the effects of clothing to 1.0Clo, both groups of subjects would prefer an air temperature of 21.1°C on average (Taylor and Francis, 2006)

Otro autor indica “Generally people adapt naturally and can also make various biological adjustments and adjust some parameters of their environment to reduce the discomfort and physiological fatigue. It was observed that through adaptation actions, an acceptable level of comfort in residential and offices is possible over an air temperature range of about 17°C to 31°C. Adaptive adjustments are usually conscious actions such as changing dress, posture, activities, labor rates, food” (Annebicque, Robert, Francois, Randrianalisoa, & Popa, 2016).

Para el análisis del lugar, se utilizaron los softwares Meteonorm y Weathertools que representan datos científicos de confiabilidad en las características geomorfológicas, ambientales y climáticas para determinar de manera predictiva las anteriores condiciones en cualquier parte del mundo.

En algunas de las Ilustraciones o variables que se presentan a continuación, se hace una breve explicación acerca de la finalidad o relevancia debido a que algunas no son comunes, conocidas o estudiadas para efecto de investigaciones bioclimáticas en edificaciones, incluso muchas no son desarrolladas en consultorías comerciales en Colombia por falta de conocimiento y especialmente por el costo que implica adquirir equipos de medición.

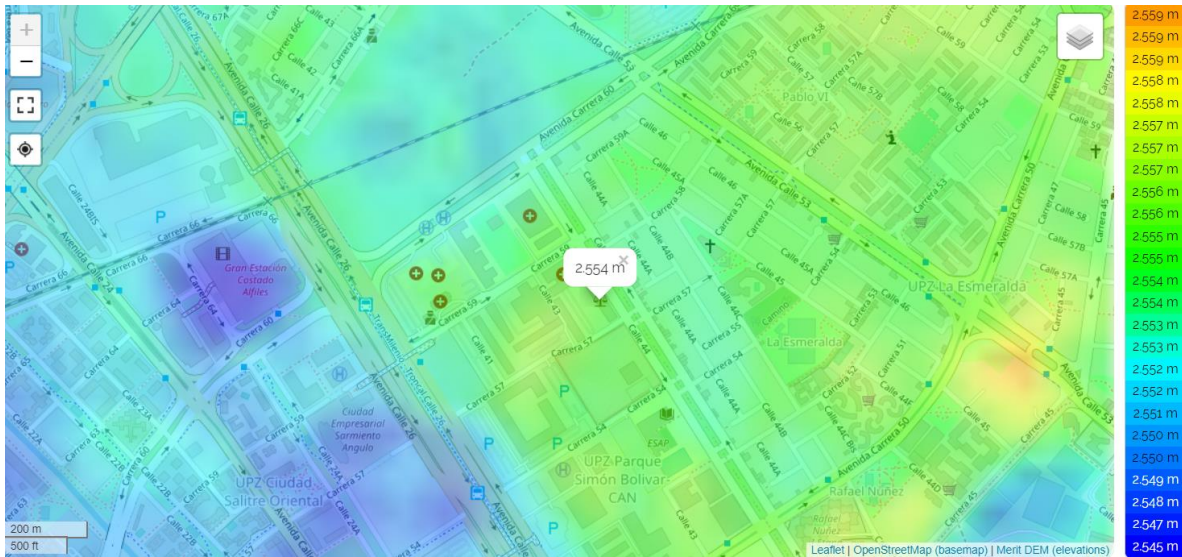


Ilustración 15. Altura sobre el Nivel del mar. Fuente: Elaboración propia en apoyo de Topographic

Clima y meteorología, Condiciones generales del clima

La temperatura promedio de Bogotá es de 13,7°C (Según registros IDEAM) y de 13.4 (Según registros METEONORM). La temperatura más baja es de 3,9°C (Según Registros METEONORM) y se presenta en el mes de enero. La temperatura máxima es de 22.20 (Según Registros METEONORM) y se presenta en los meses de febrero, marzo y mayo.

Los datos climatológicos han sido soportados mediante Meteonorm e IDEAM, sin embargo, interpola con diferentes estaciones meteorológicas para la generación de datos.

Bogotá tiene 56 estaciones meteorológicas registradas por IDEAM, de las cuales 48 se encuentran activas. Las estaciones más cercanas al proyecto que se encuentran activas y de las que se toman los datos, se relacionan a continuación:

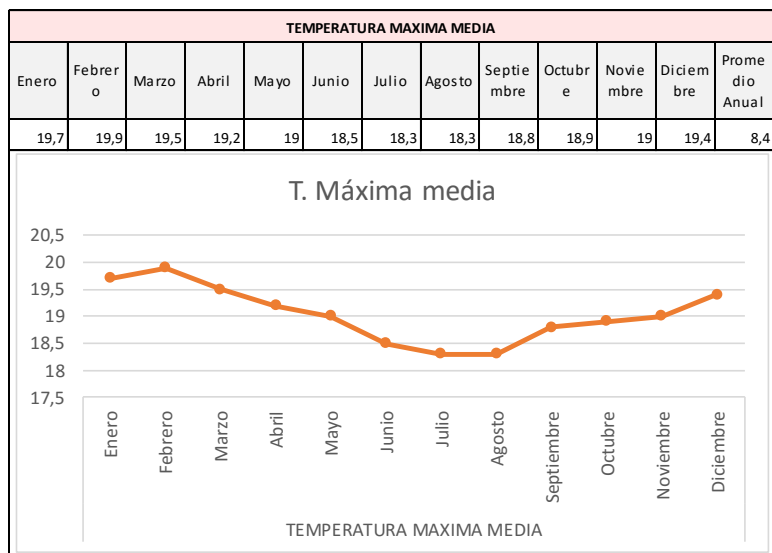
CODIGO	nombre	CATEGORIA	TECNOLOGIA	ESTADO	FECHA INSTALACION	FECHA SUSPENSIÓN
21205012	UNIVERSIDAD NACIONAL - AUT [21205012]	Climática Principal	Automática con Telemetría	Activa	2004-08-18 19:00	
21205528	SOLMAFORO BOGOTA - [21205528]	Meteorológica Especial	Automática sin Telemetría	Activa	2015-12-03	
21205230	OBS MET NACIONAL [21205230]	Climática Principal	Convencional	Suspendida	1941-03-15	1993-11-15
21206040	ESAP [21206040]	Meteorológica Especial	Convencional	Suspendida	1985-04-15	2009-09-08

Ilustración 16. Relación estaciones meteorológicas cercanas. Fuente: IDEAM

Temperatura:

Análisis temperatura BOGOTA CUNDINAMARCA				Análisis temperatura BOGOTA CUNDINAMARCA			
temperatura IDEAM				temperatura METEONOR por medio de WEATHERTOOLS			
Mes	Media Mínima	Media	Media máxima	Mes	Mínima	Media	Maxima
Enero	6,6	13,5	19,7	Enero	3,9	12,9	21,00
Febrero	7,4	13,8	19,9	Febrero	3,8	13,5	22,20
Marzo	8,5	13,8	19,5	Marzo	4,9	13,4	22,20
Abril	9,5	14,1	19,2	Abril	1,4	13,6	21,50
Mayo	9,4	14,1	19	Mayo	5,4	13,8	22,20
Junio	9	13,9	18,5	Junio	4,9	13,3	19,60
Julio	8,4	13,7	18,3	Julio	6,3	12,7	19,30
Agosto	8,3	13,6	18,3	Agosto	4,7	12,8	19,30
Septiembre	7,9	13,4	18,8	Septiembre	4,4	13,1	20,40
Octubre	8,6	13,5	18,9	Octubre	4	13	21,20
Noviembre	8,6	13,6	19	Noviembre	6	13,2	20,90
Diciembre	8	13,5	19,4	Diciembre	4,2	12,4	21,80
Promedio	8,35	13,71	19,04	Promedio	4,49	13,14	20,97

Tabla 2. Cuadro temperatura IDEAM-METEONORM. Fuente: Elaboración propia



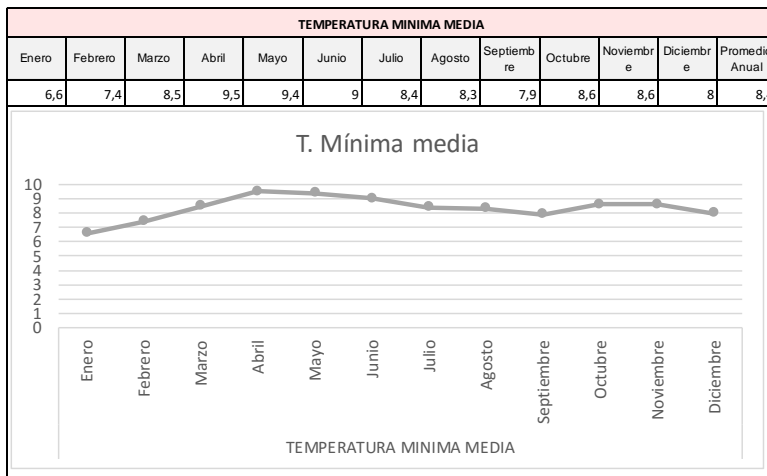
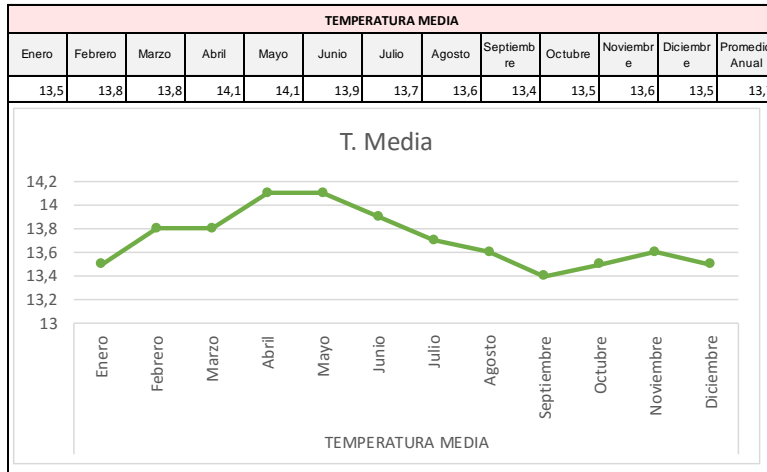
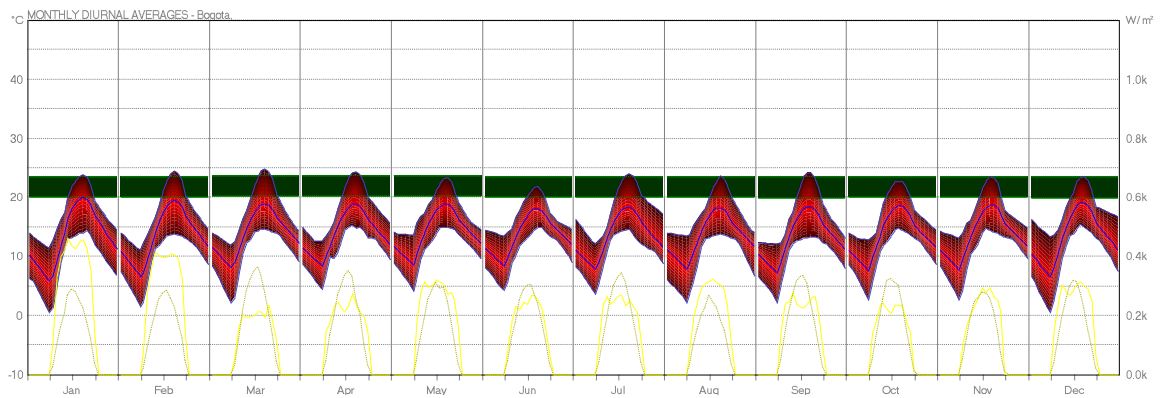


Tabla 3. Temperatura media máxima, media y media mínima. Fuente: Elaboración propia



LEGEND

Comfort: Thermal Neutrality	
Temperature	Direct Solar
Rel. Humidity	Diffuse Solar
Wind Speed	Cloud Cover

Tabla 4. Promedio de temperatura, Bogotá. Fuente: Meteonorm

Weekly Summary
 Minimum Temperature [°C]
 Location: Bogotá, (0° 0' 0")
 © Weather Manager

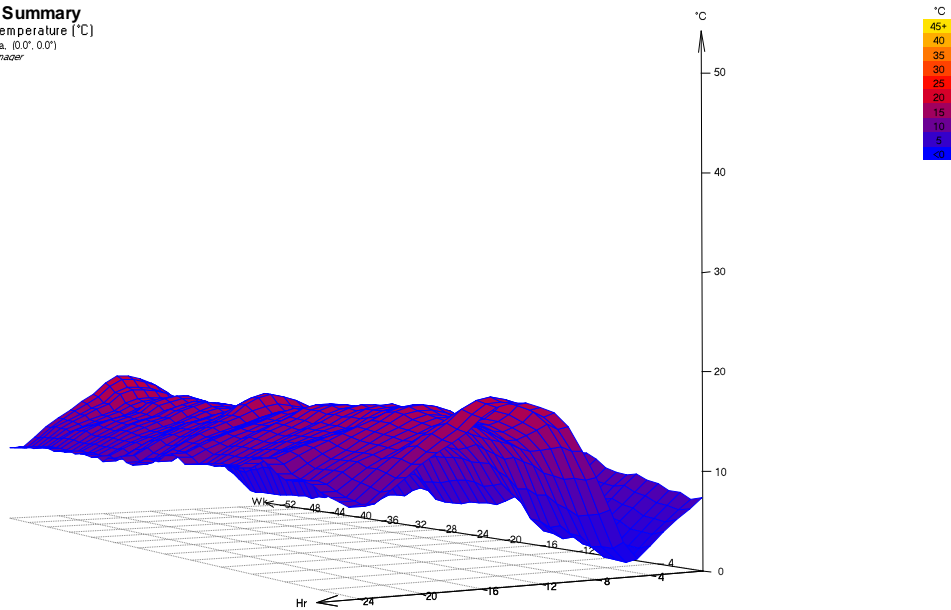


Ilustración 17. Temperatura mínima. Fuente: Meteonorm

Weekly Summary
 Maximum Temperature [°C]
 Location: Bogotá, (0° 0' 0")
 © Weather Manager

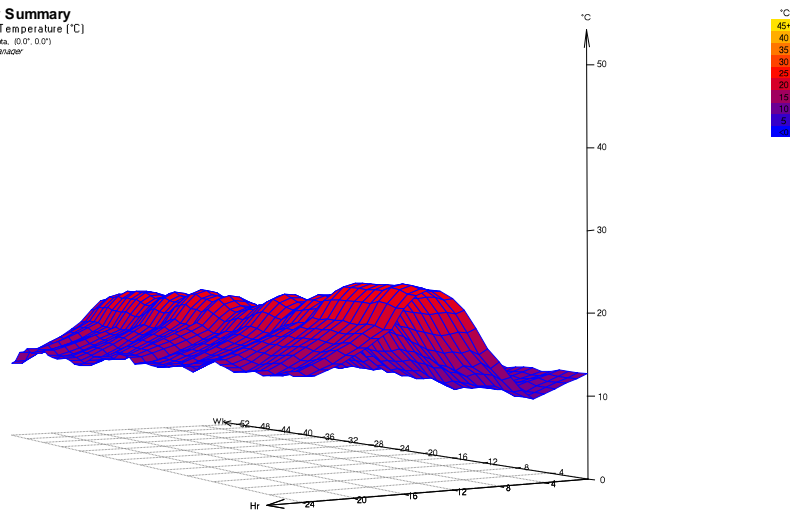


Ilustración 18. Temperatura máxima. Fuente: Meteonorm

Weekly Summary
Average Temperature [°C]
Location: Bogota, (0.0°, 0.0°)
© Weather Manager

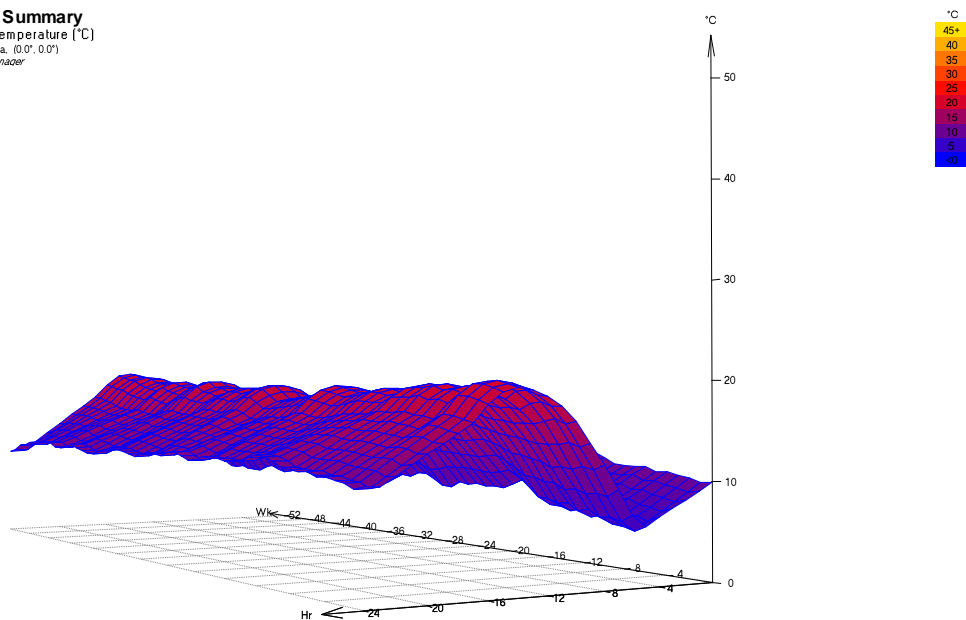


Ilustración 19. Temperatura Promedio. Fuente: Meteonorm

Humedad:

Análisis Humedad BOGOTA CUNDINAMARCA			Humedad BOGOTA CUNDINAMARCA		
Humedad IDEAM			Humedad METEONORM - WEATHER TOOLS		
Mes	%	Prom-Mens	Mes	%	Prom-Mens
Enero	78	0,00	Enero	33	0,00
Febrero	79	0,00	Febrero	42	0,00
Marzo	80	0,00	Marzo	65	0,00
Abril	82	0,00	Abril	111	0,00
Mayo	81	0,00	Mayo	93	0,00
Junio	78	0,00	Junio	56	0,00
Julio	77	0,00	Julio	41	0,00
Agosto	77	0,00	Agosto	48	0,00
Septiembre	78	0,00	Septiembre	72	0,00
Octubre	82	0,00	Octubre	115	0,00
Noviembre	83	0,00	Noviembre	87	0,00
Diciembre	80	0,00	Diciembre	53	0,00
Prom. Mens	79,58	0,00	Promedio	68,00	0,00

Tabla 5. Humedad. Fuente: IDEAM – METEONORM

Weekly Summary
 Relative Humidity [%]
 Location: BOGOTÁ, COL (4.7°, -74.1°)
 © Weather Manager

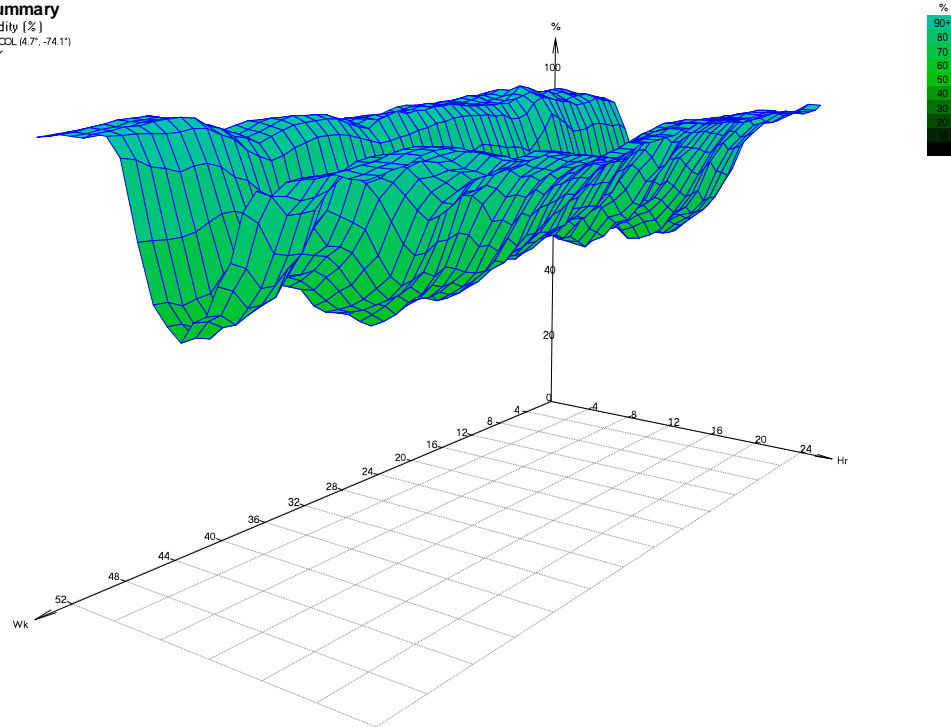


Ilustración 20. Humedad relativa horaria diaria y horaria anual. Fuente: Meteonorm

Vientos:

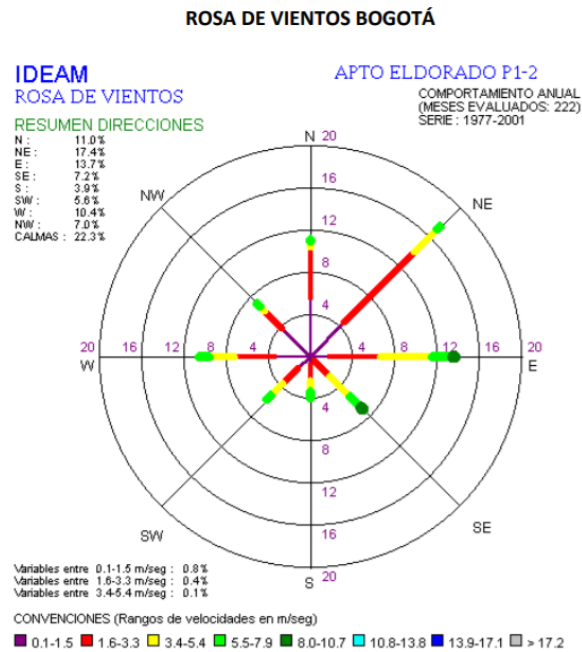


Ilustración 21. Rosa de los vientos de Bogotá. Fuente: IDEAM

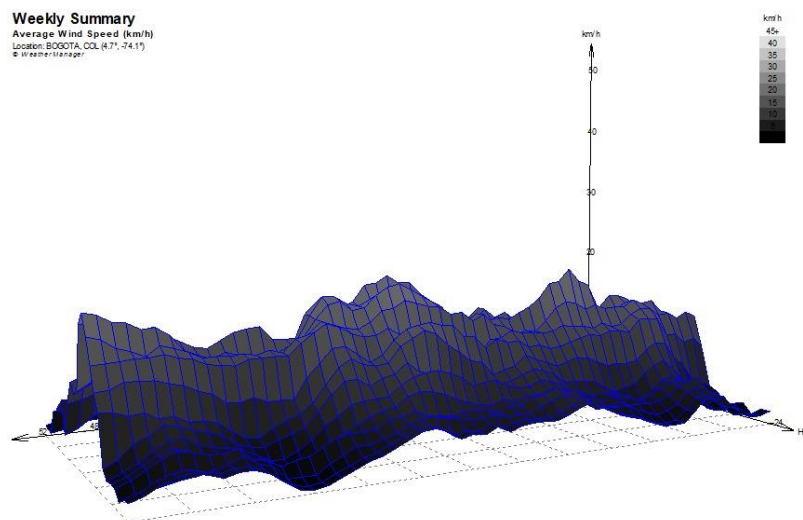


Ilustración 22. Velocidad de vientos - Sopo. METEONORM

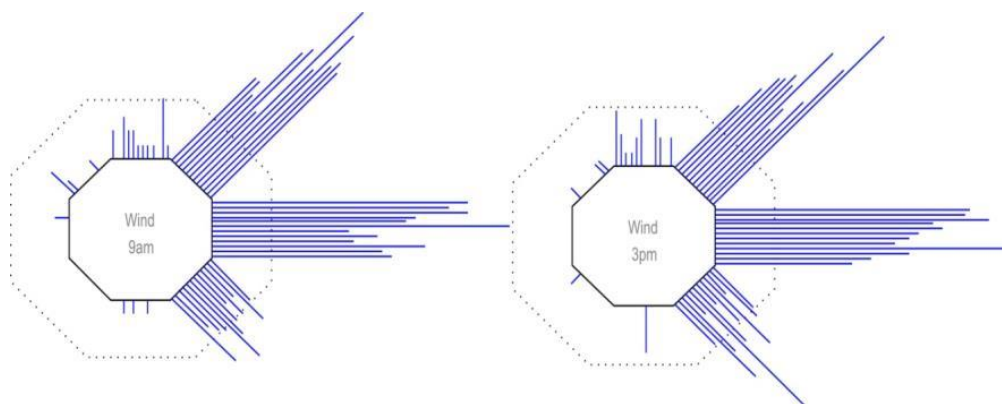


Ilustración 23. Dirección predominante del Viento, Bogotá. Fuente: Meteonorm

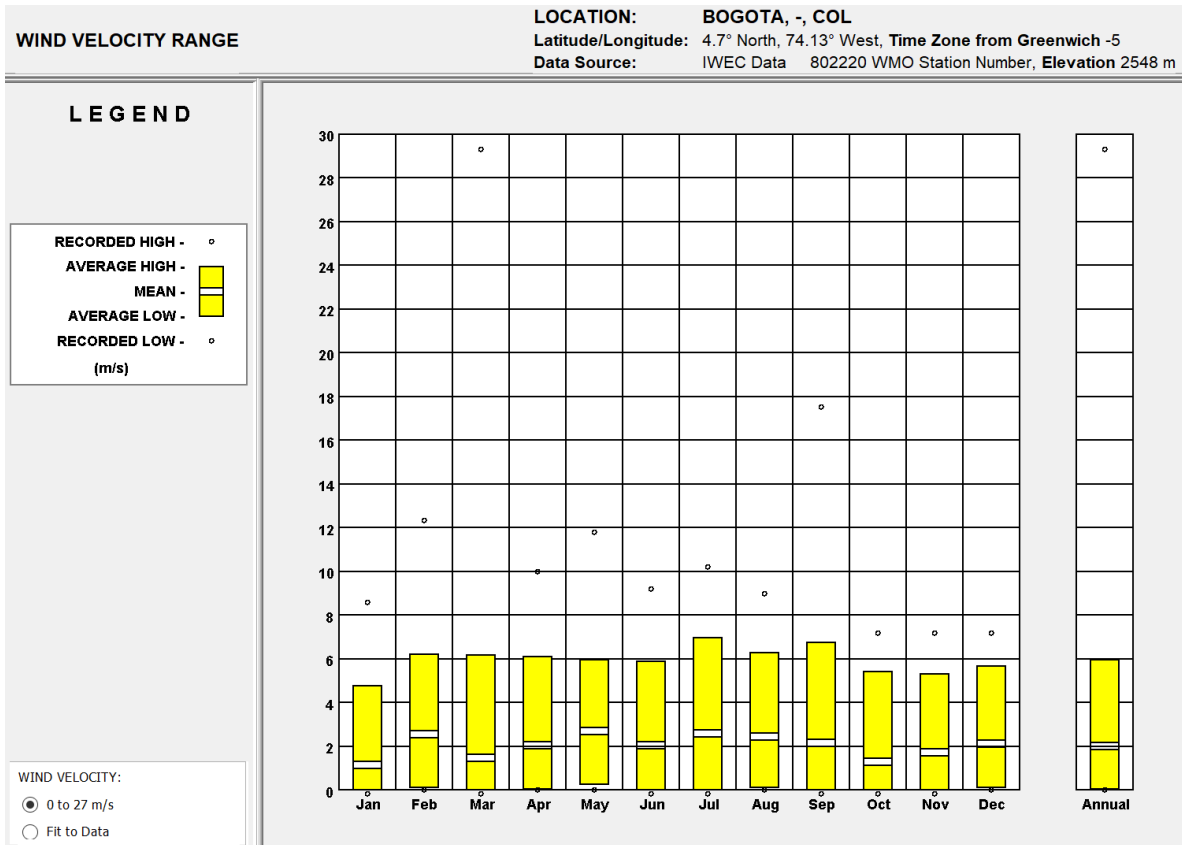


Ilustración 24. Rangos de velocidad de vientos para Bogotá. Fuente: Climate Consultant-

Elaboración Propia

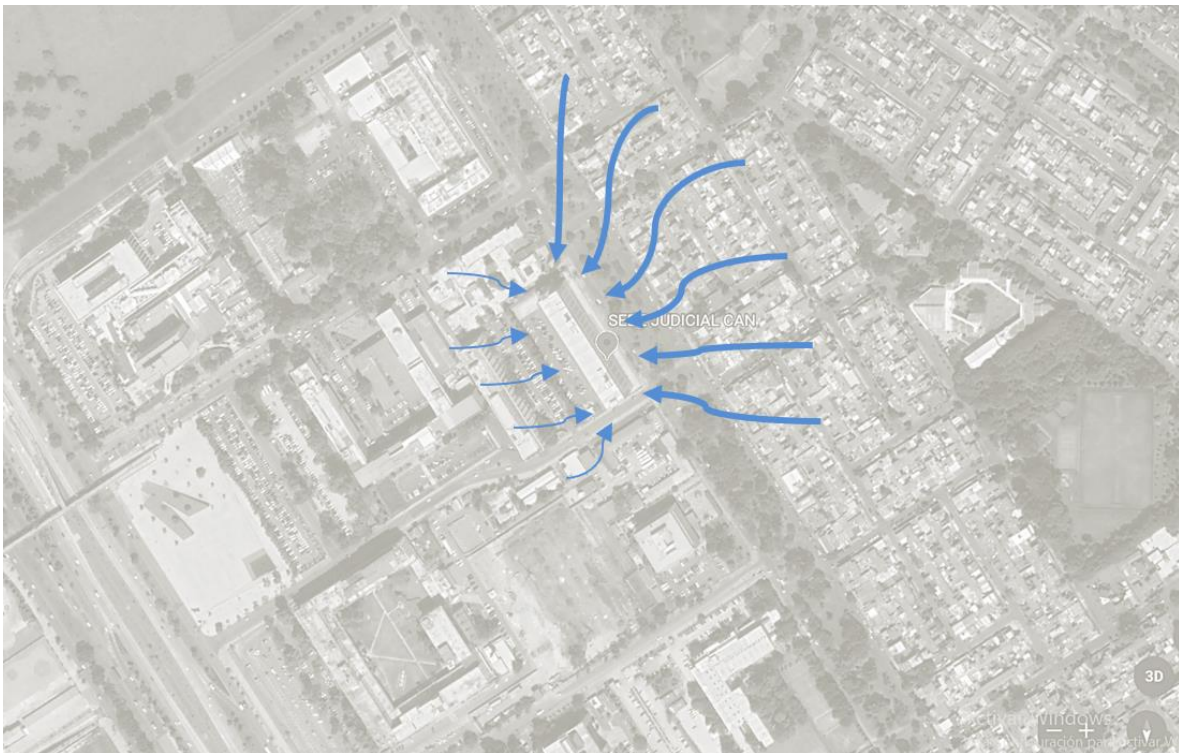


Ilustración 25. Vientos incidentes en la edificación. Fuente: Elaboración propia en colaboración de Googleearth

Radiación Solar:

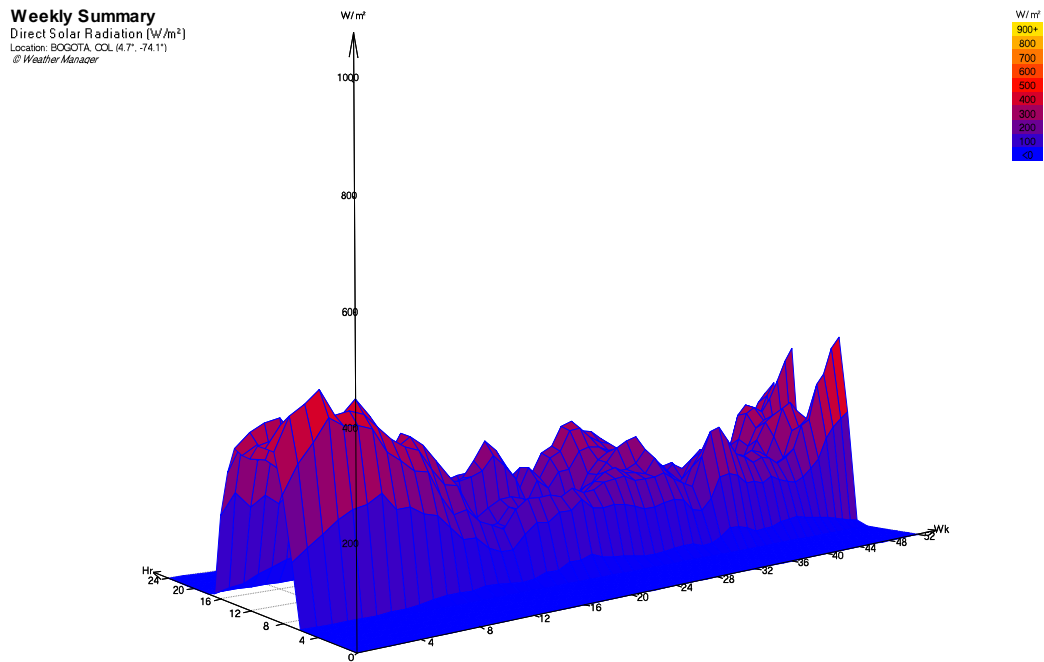


Ilustración 26. Radiación solar. Fuente: Meteonorm weathertools

Durante las 52 semanas del año, se registran valores promedios de radiación de 4.68 y 3.5 Kwh/m²/día promedio, lo cual indica buenas condiciones de captación de energía solar fotovoltaica. Igualmente se toma la referencia de la estación en Aeropuerto la cual toma reportes continuos de Radiación solar y que reporta en promedio 4.03 KWh/m²/día durante 9 años.

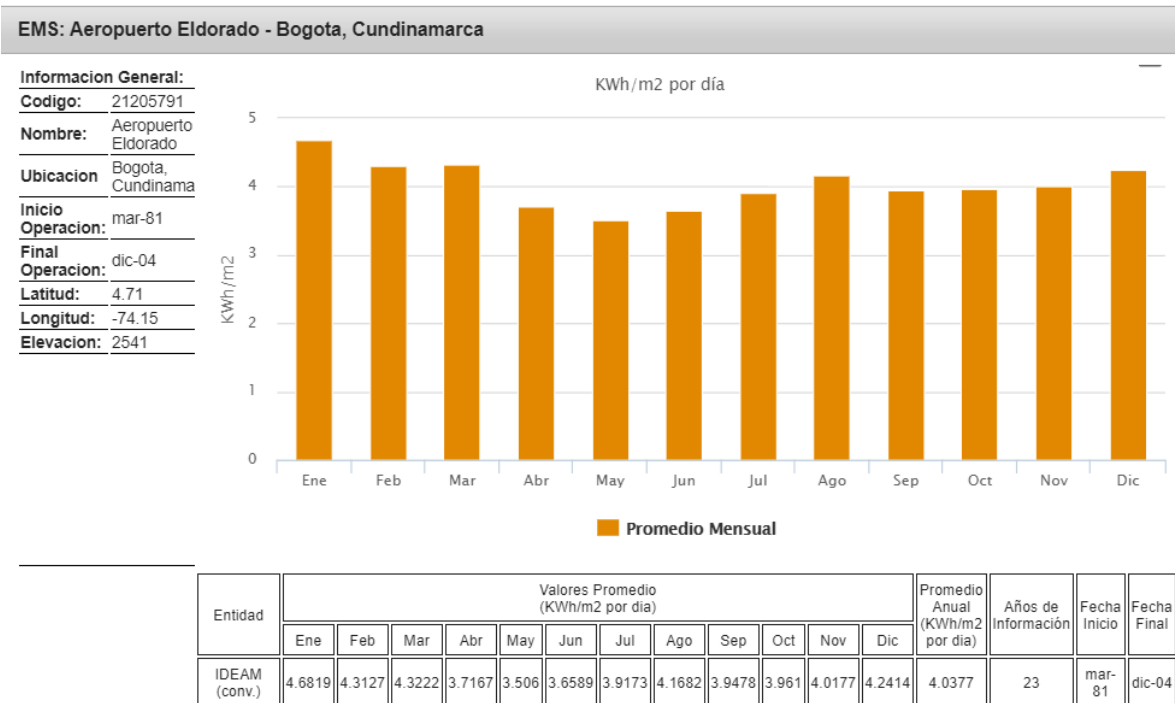


Ilustración 27. Radiación solar Bogotá, Cundinamarca. Fuente: IDEAM

Diagrama Psicométrico

El Gráfico Psicométrico proporciona una representación gráfica del estado completo del aire en cualquier condición. Esto incluye los principales indicadores climáticos, de bulbo seco y las temperaturas de bulbo húmedo, humedad relativa y absoluta. Igualmente indica estrategias para lograr las condiciones de Confort de acuerdo a la actividad realizada en la ubicación geográfica.

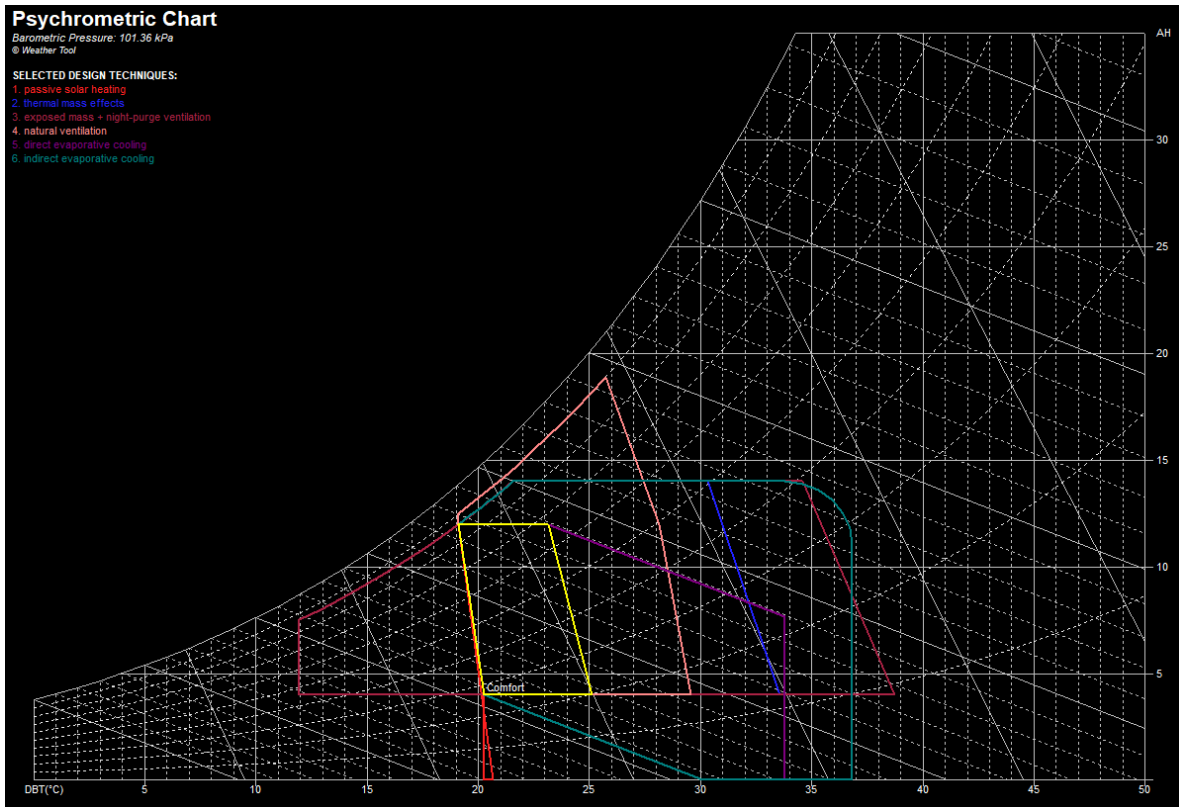


Ilustración 28. Diagrama psicrométrico, basado en cuadro psicrométrico de Givoni. Fuente: Meteororm weathertools

En este caso al cruzar las variables notamos que las estrategias pasivas que permitan un adecuado confort higrotérmico deben estar encaminadas al calentamiento solar pasivo, una buena inercia térmica y una adecuada ventilación natural. Igualmente, enfriamiento evaporativo puede ayudar en caso pasivo y/o activo.

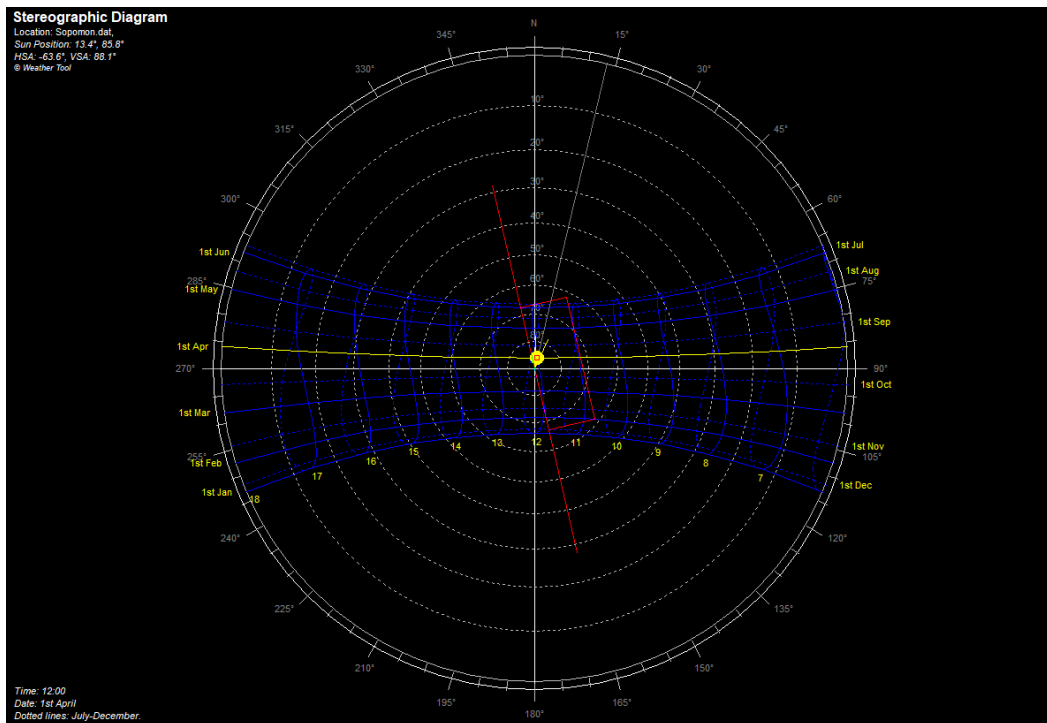


Ilustración 29. Trayectoria solar. Fuente: Meteonorm weathertools

Trayectoria Solar sobre la edificación



Ilustración 30. Trayectoria solar puntual sobre la edificación. Fuente: Elaboración propia a través de Earth Tools

Incidencia solar en la rotación de la tierra y análisis de sombras:

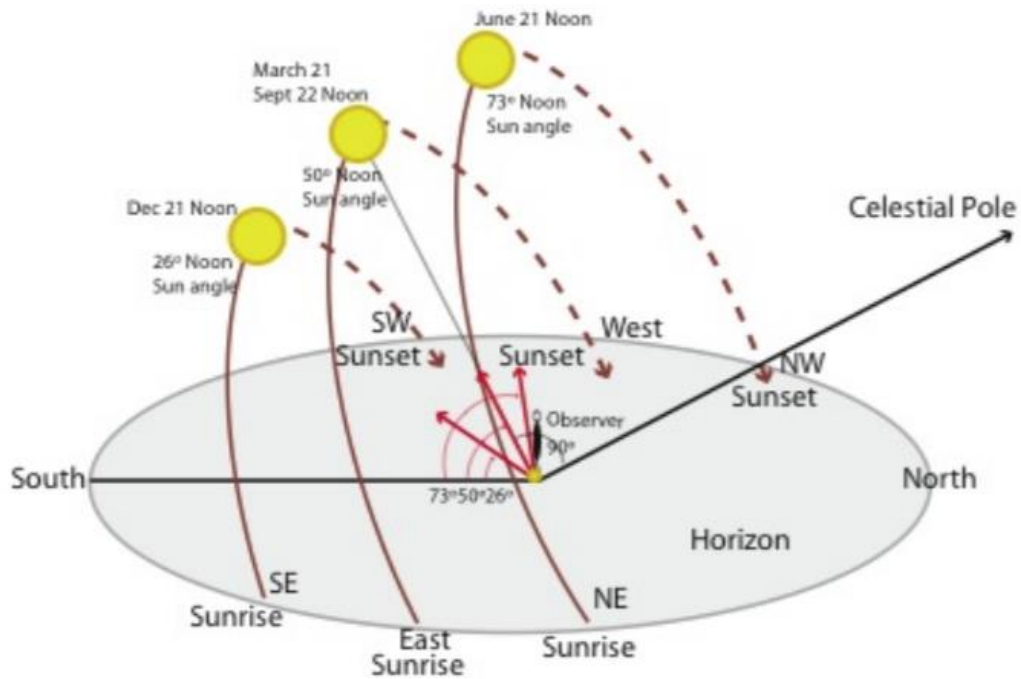


Ilustración 31. Alturas máximas que alcanza el Sol sobre el horizonte en los solsticios y equinoccios. Fuente: Actividades y Cálculos en los equinoccios y solsticios – Network for astronomy school education

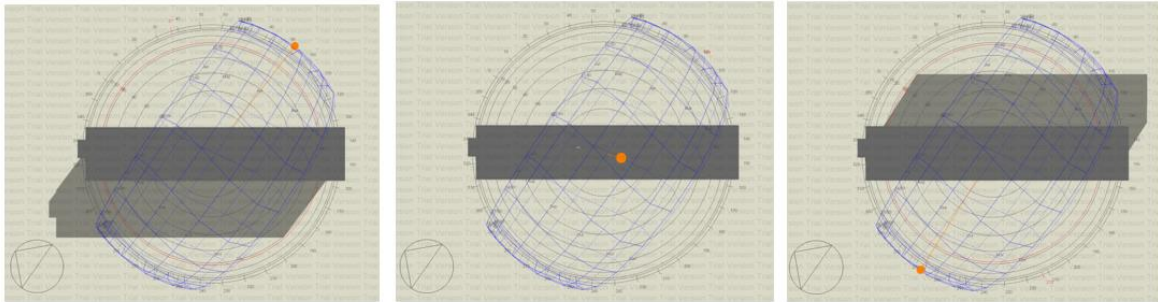


Ilustración 3. Incidencia solar, 22 marzo: 8am - 12m - 16pm

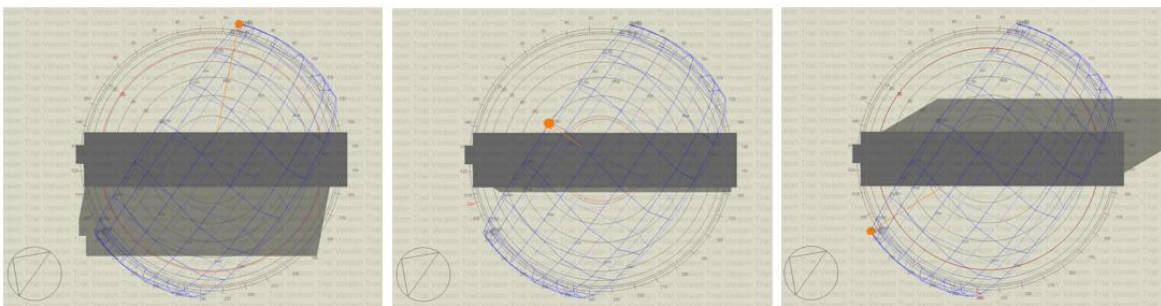


Ilustración 4. Incidencia solar, 22 junio: 8am - 12m - 16pm

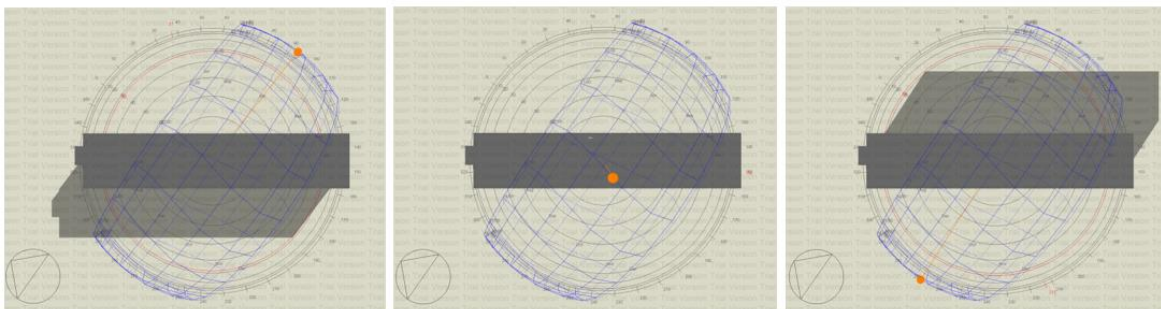


Ilustración 5. Incidencia solar, 22 septiembre: 8am - 12m - 16pm

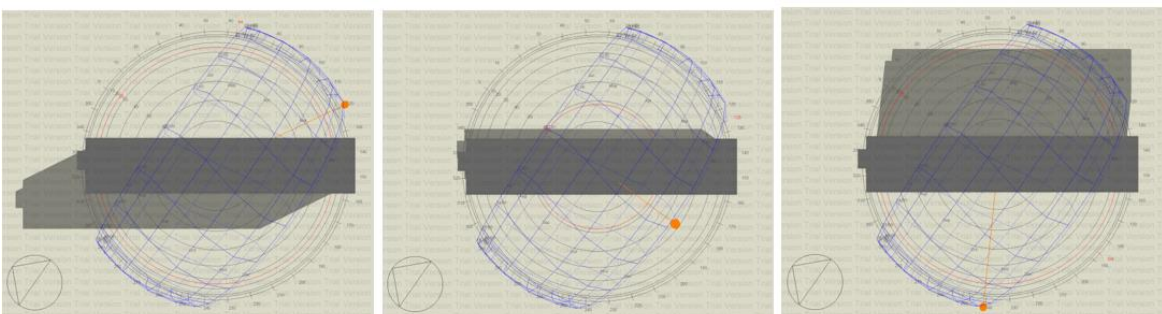


Ilustración 32. Incidencia solar, 22 diciembre: 8am - 12m - 16pm. Fuente: Elaboración propia a través de Weathertools

Orientación Óptima

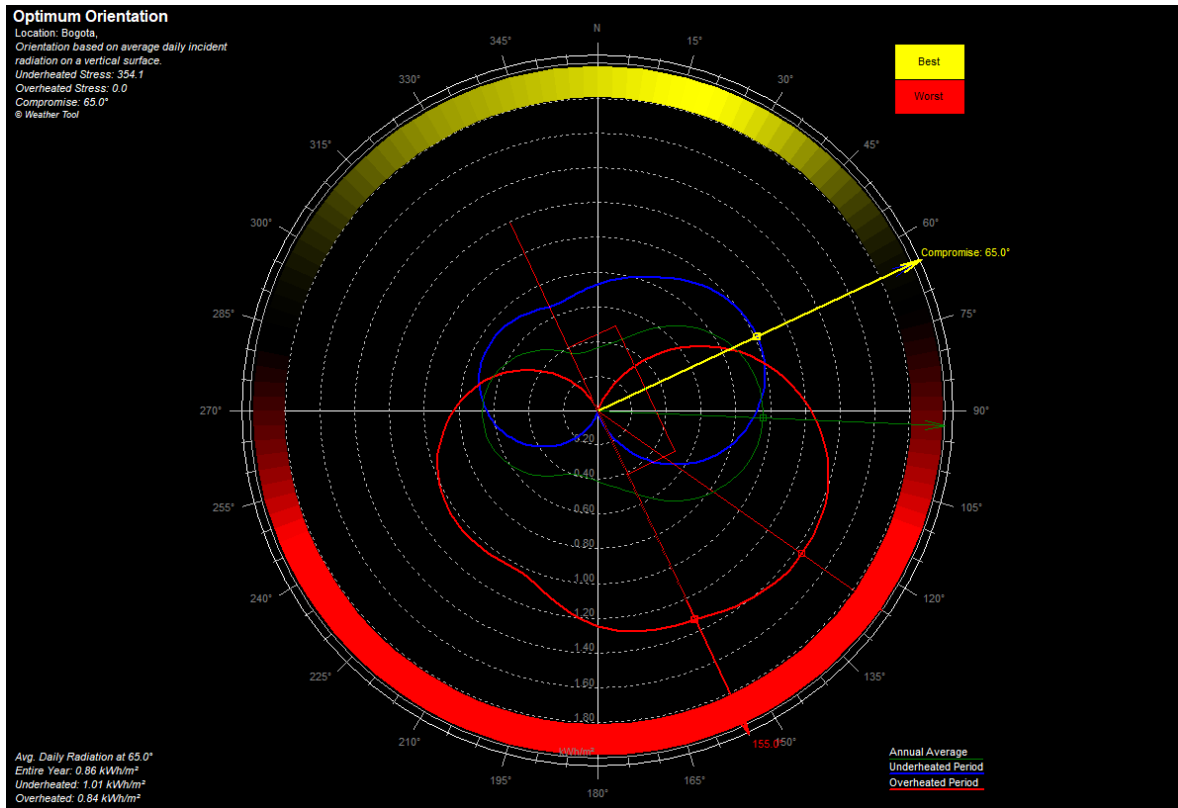


Ilustración 33. Mejor orientación del sitio donde se encuentra el proyecto. Fuente:

Meteororm-Weathertools

Esto se utiliza para determinar el rango más conveniente de la orientación, teniendo en cuenta los efectos de las ganancias solares (absorción de la radiación solar vertical) que en este caso se deben controlar debido a las condiciones de temperatura que se pueden llegar a presentar en la ubicación de la edificación en Bogotá.

Un diseño eficaz supone que la edificación debe estar orientada para absorber la mayor cantidad de radiación solar en climas fríos, con el objetivo de aprovechar la radiación solar directa, así como también en climas cálidos, el objetivo de una orientación ideal consiste en rechazar o mitigar tanto como sea posible la radiación solar directa.

Para comprender la mejor orientación del edificio, se calcula la cantidad de radiación solar incidente sobre una superficie vertical de 1m^2 por cada 5° . La gráfica representa la cantidad total promedio de radiación durante un año.

Nubosidad:

El porcentaje de nubosidad es determinado por factores de los grandes vientos nacionales y vientos locales marcados por la altura, la topografía, la geomorfología del lugar, longitud, latitud y msnm. Para la localización del edificio Aydeé Anzola, caso de estudio, se registran condiciones de nubosidad entre un 70% y un 80% promedio lo cual nos puede determinar el aprovechamiento del recurso energía.

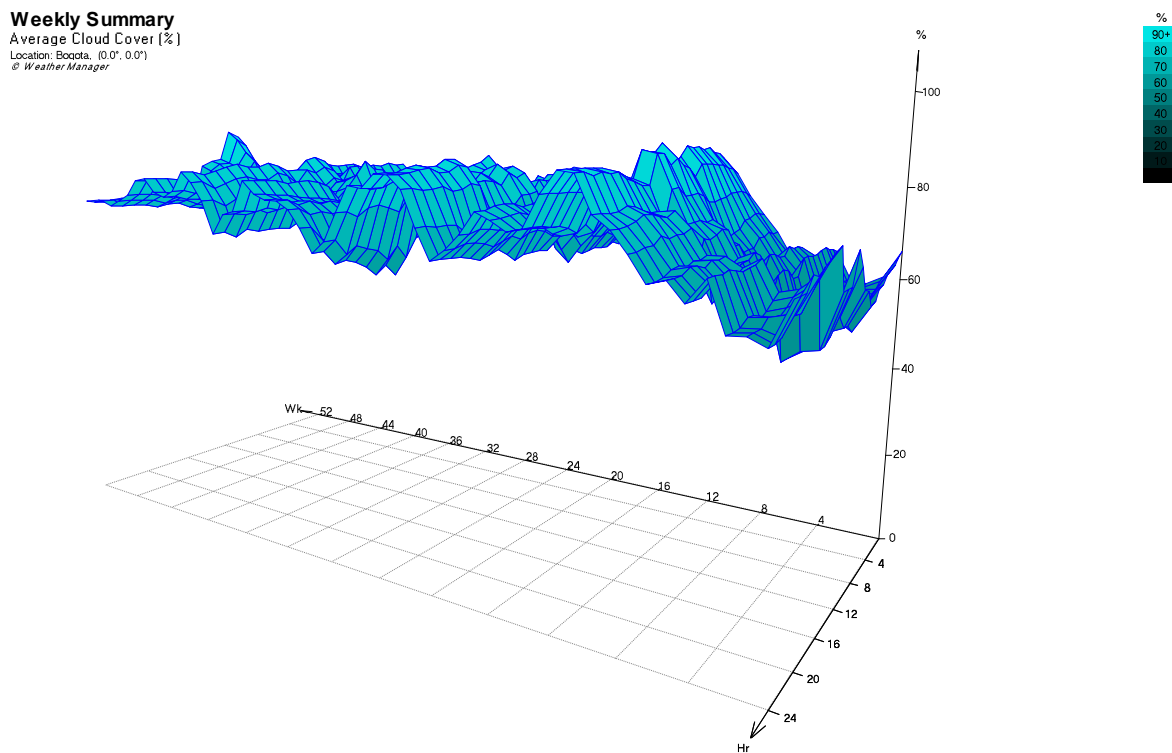


Ilustración 34. Nubosidad. Fuente: Meteonorm, weathertools

Precipitaciones

El promedio de precipitaciones anuales según la base de datos suministrada por IDEAM, indican 905.80 mm anuales en una temporada de tiempo de 12 años. Los registros de mm anuales en una temporada de tiempo de meteonorm indican precipitaciones de 816 mm. A continuación las tablas de valores.

Precipitación BOGOTA CUNDINAMARCA			Precipitación BOGOTA CUNDINAMARCA		
IDEAM			METEONOR a través de WEATHER TOOLS		
Mes	mm	Prom-Mens	Mes	mm	Prom-Mens
Enero	27,8	27,80	Enero	33	33,00
Febrero	55,8	55,80	Febrero	42	42,00
Marzo	85,1	85,10	Marzo	65	65,00
Abril	105,9	105,90	Abril	111	111,00
Mayo	116,8	116,80	Mayo	93	93,00
Junio	71,3	71,30	Junio	56	56,00
Julio	45,6	45,60	Julio	41	41,00
Agosto	48,1	48,10	Agosto	48	48,00
Septiembre	71,8	71,80	Septiembre	72	72,00
Octubre	125,3	125,30	Octubre	115	115,00
Noviembre	89,1	89,10	Noviembre	87	87,00
Diciembre	65,9	65,90	Diciembre	53	53,00
Promedio y total	75,71	908,50	Promedio y total	68,00	816,00

Tabla 6. Promedios anuales Precipitación IDEAM

El software Climate Consultant aporte un resumen de datos climáticos para Bogotá el cual da lineamientos muy específicos de cada variable para toma de decisión en la evaluación de criticidad y de estrategias en este caso de estudio del edificio de Juzgados.

WEATHER DATA SUMMARY		LOCATION: BOGOTA, -, COL											
		Latitude/Longitude: 4.7° North, 74.13° West, Time Zone from Greenwich -5											
		Data Source: IWEC Data 802220 WMO Station Number, Elevation 2548 m											
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	407	419	387	348	354	332	358	379	358	351	342	396	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	253	258	198	135	150	147	172	190	153	122	161	262	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	231	239	236	250	246	234	237	240	247	263	229	221	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	993	1086	1114	994	960	970	938	1031	1101	1020	1040	993	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	993	1033	1022	866	708	858	868	913	1000	849	1015	1009	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	530	507	736	744	493	675	693	718	558	713	557	500	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	4793	4966	4646	4212	4326	4080	4391	4607	4311	4179	4037	4647	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2979	3067	2380	1638	1841	1805	2111	2319	1837	1457	1902	3083	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2723	2834	2836	3027	3016	2880	2901	2927	2973	3131	2699	2593	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	45554	46766	43929	39882	40143	37970	40791	43087	40793	40037	38891	44228	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	24535	24801	19118	12806	14104	13902	16547	18360	14567	11667	15341	25138	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	12	13	13	13	13	13	12	12	13	13	13	12	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	9	9	10	10	10	9	9	8	8	8	10	9	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	79	79	83	81	81	79	79	76	77	77	86	81	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	90	120	270	90	60	60	90	90	0	90	270	0	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	12	degrees C

Ilustración 35. Resumen de datos climáticos de Bogotá. Fuente: Climate Consultant-

Elaboración Propia

Zona de confort

De acuerdo al estándar Ashrae 55, la zona de confort térmico para el **EDIFICIO AYDEÉ ANZOLA**, se determina según su promedio de temperatura operativa, para lo cual, para una temperatura de 13.7°C, la zona de confort se presenta a continuación;

✔ Complies with ASHRAE Standard 55-2017

80% acceptability limits = Operative temperature: 18.3 to 25.3 °C
Comfortable

90% acceptability limits = Operative temperature: 19.3 to 24.3 °C
Comfortable

Adaptive chart

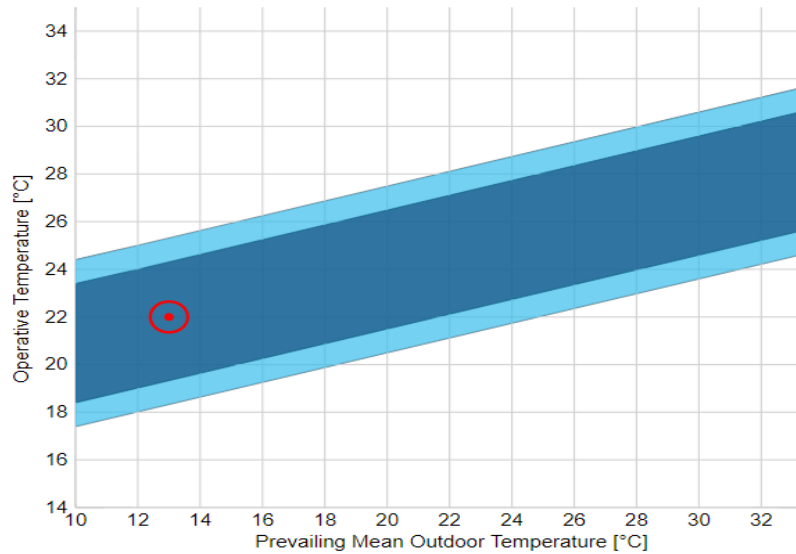


Ilustración 36: Zona de confort. Fuente: Estándar Ashrae

Escenarios de Cambio Climático

De acuerdo a la siguiente tabla, se relacionan los principales acontecimientos respecto a temperatura y humedad que se pueden presentar en el departamento de Cundinamarca según los escenarios de cambio climático establecidos para Colombia:

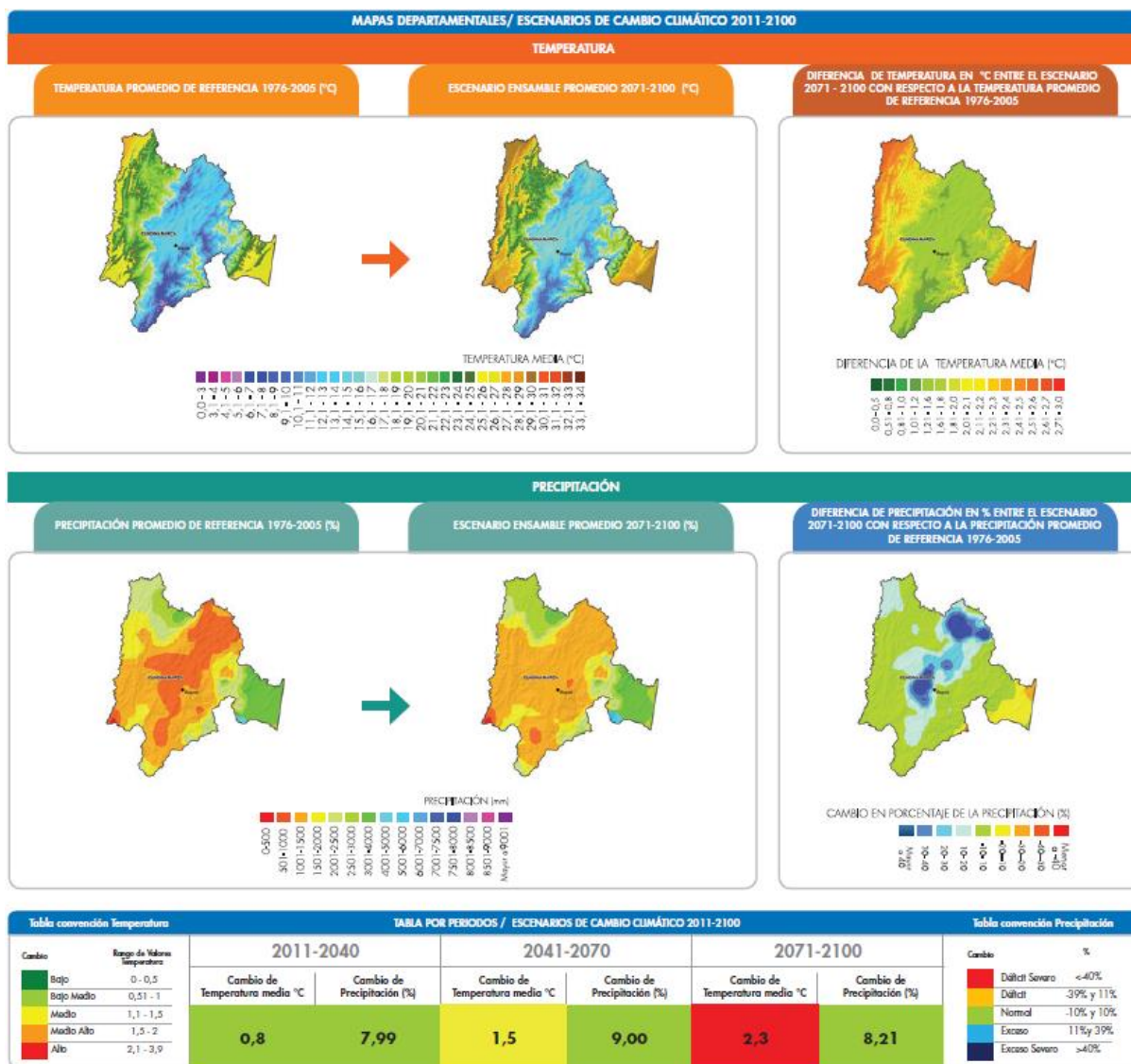


Ilustración 37. Escenarios de cambio climático. Departamento de Cundinamarca

PRINCIPALES EFECTOS

Los principales efectos podrán presentarse en el sector agrícola debido los cambios acentuados de temperatura, así como en la persistencia de plagas asociadas al aumento de precipitación para las zonas en las cuales este valor se eleva. La biodiversidad asociada a los Páramos de Sumapaz y Cruz Verde podrá afectarse por desplazamientos altitudinales debido a los aumentos de temperatura sostenidos a través del siglo. El sector vial podría

afectarse para aquellas regiones con mayor aumento en la precipitación. El sector energético podría tener afectaciones por disminuciones de precipitación asociadas.

Por lo anterior, sobre los valores de medición en sitio, cálculos y simulación, se toma como referencia el informe de cambio climático marcado en el calentamiento global y del cual se determina como dato de entrada para determinación de las condiciones de confort al interior del proyecto.

Microclima y vegetación

El edificio es parte de la pieza de renovación urbana de la UPZ 104 Parque Simón Bolívar, localidad de Teusaquillo, la cual presenta condiciones de implantación en una manzana de gran impacto, en una zona comúnmente denominada CAN. La implantación del **EDIFICIO AYDEEÉ ANZOLA**, es parte del complejo dotacional institucional, marcado por edificaciones y ambientes públicos peatonales, y algunas áreas privadas. En el costado Norte-Este, existe una franja de control ambiental comúnmente denominado separador, el cual favorece las condiciones de calidad del aire y mantiene la regulación térmica en la zona.

El tejido urbano inmediato al **EDIFICIO ATDEÉ ANZOLA**, al igual que las manzanas vecinas, presentan una retícula, consolidada y organizada respecto a su implantación urbanística. Siendo este sector una zona con densidad en edificaciones del promedio entre 4, 6 y 8, pisos construidos debido a las condiciones antrópicas por necesidades humanas, se puede observar en la generalidad de los predios o edificaciones vecinas, áreas verdes internas y externas que favorecen la regulación de las variables del microclima al interior de cada complejo público. Sin embargo, se destaca que el edificio AYDEEÉ ANZOLA,

objeto de estudio, presenta limitadas áreas verdes dentro de su predio, únicamente una franja de árboles de porte bajo a través de franjas verdes no continuas en el andén público y un talud semiexpuesto a un piso negativo.

Se encuentra que las variables climáticas específicas como ventilación, iluminación, temperatura y calidad del aire, exceptuando cobertura vegetal, presentan condiciones favorables. El microclima que se genera en la edificación está marcado entonces por las anteriores condiciones, que, aunque son favorables, se presenta discomfort térmico al interior de los espacios de la edificación derivados del limitado manejo, funcionabilidad de las estrategias existentes en la edificación (Efecto stack. masa térmica, materialidad de la envolvente) y operatividad de la fachada.

El forzamiento del flujo de aire es fundamental para el control y adecuado confort térmico de los diferentes espacios ya que es una variable que determina el grado de satisfacción de los ocupantes (Residentes y transitorios/visitantes), igualmente es fundamental el control del material particulado del aire porque arrastra contaminantes como CO, CO₂, SO₂ y NO que requieren ser mitigados a través de diferentes estrategias.



Ilustración 38. Fuente: Localización Edificio Aydeé Anzola. Elaboración propia

Lugar	Ubicación	Horario					
		Weekday					
		Mañana		Medio Dia		tarde-noche	
SEDE JUDICIAL CAN	Espacios de oficina	7:00:00	11:59:00	12:00:00	13:00:00	13:00:00	18:00:00 p. m.

Ilustración 39. Horarios de ocupación de la edificación. Fuente: Rama Judicial Edificio Aydeé Anzola

Etapa 2 - Diagnostico y estrategias de la edificación

Le edificación presenta una doble piel debido a la fuerte incidencia y exposición del sol poniente y naciente en las dos fachadas de mayor longitud. Esta primera piel compuesta por un muro cortina en cristal incoloro más perfilería y rejillas de aluminio generan en la

edificación una primera etapa de control bioclimático, por esta razón estos materiales son el primer filtro de resistencia energética y transmitancia térmica.

En medio de la primera piel y la segunda se encuentra un espacio de aire de aproximadamente 1.20 mts de ancho por la longitud de la fachada de aproximadamente 115 metros, tiene como finalidad mantener una circulación de mantenimiento de las dos envolventes y como principal objetivo es la búsqueda del control de temperatura por medio de un espacio tipo cámara de aire y de control térmico en aspectos puramente bioclimáticos.

En la segunda piel también se encuentra un muro en mampostería de arcilla en zonas contra los baños y zona acristalada flotante con perfilería en aluminio y basculantes las cuales integran y generan la envolvente de salas de jueces y áreas administrativas con ocupaciones relativamente constantes de personas. Esta Piel o fachada tiene la responsabilidad de garantizar la ventilación, la transmitancia térmica, la iluminación, la forma y estética de la fachada. Se destaca que la salida de aire caliente al exterior solo se da por una rejilla de gran tamaño, pero mirando hacia el norte, es decir, enfrenteado a la corriente predominante del viento.

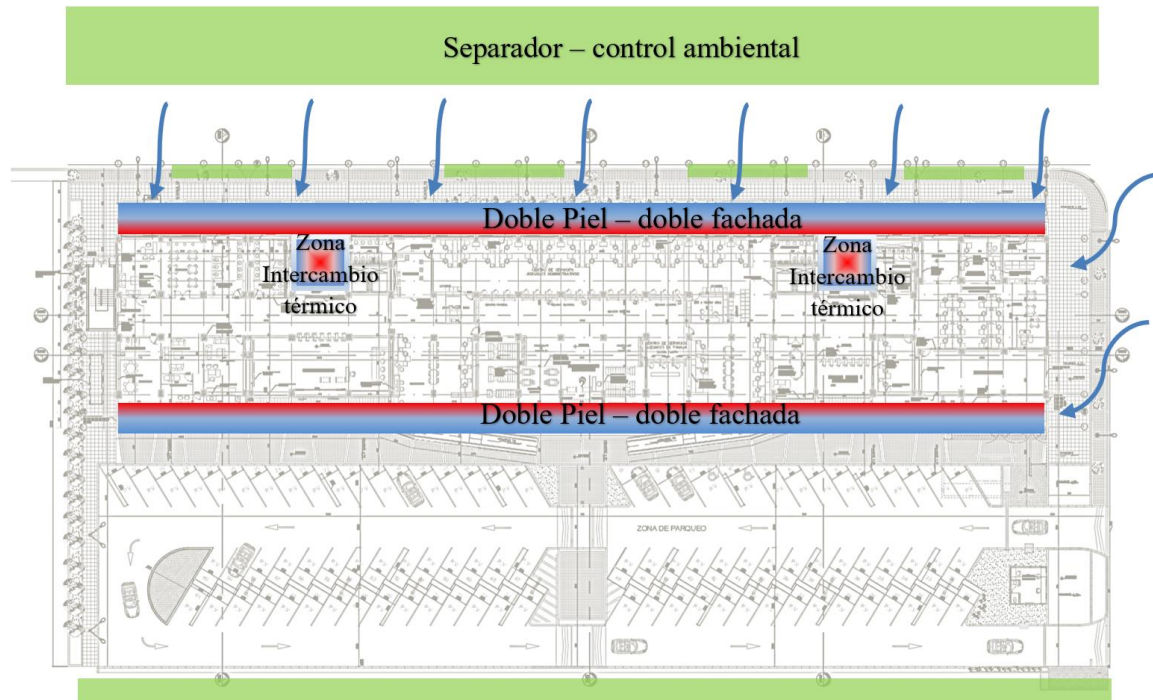


Ilustración 40. Microclima Edificio Aydeé Anzola. Elaboración propia. Fuente:

Elaboración propia

La finalidad del sistema propuesto, siendo una estrategia bioclimática existente y diseñada para el edificio, mantiene un concepto similar al “efecto Stack”, sin embargo, el sistema de las dos pieles o envolventes y del espacio de aire que debe controlar los estratos térmicos, solo funciona en el espacio de aire entre las dos envolventes, pero no en zonas administrativas ni de áreas normalmente ocupadas.



Ilustración 41. Primera y segunda piel de la edificación. Fuente: Elaboración propia

Debido a la configuración de la primera y segunda fachada en sus basculantes, rejillas, las prestaciones o desempeño técnico de los cristales, el aluminio en la primera piel, la mampostería en arcilla, las costumbres humanas, las ocupaciones y cargas térmicas de equipos activos, no contribuyen en la generación de confort en los espacios de los diferentes pisos porque las condiciones de cada nivel son diferentes. Igualmente, la estrategia no está conectada con los diferentes espacios de oficina, labores administrativas e institucionales.

Debido a que algunas de las variables ambientales (temperatura, ventilación y materialidad) no encuentran una conexión en el sistema o estrategia bioclimática del edificio, los espacios normalmente ocupados funcionan con el concepto de “generadores o radiadores pasivos y activos” lo que mantiene los espacios en condiciones de discomfort, además de generar al interior de las áreas de oficinas como entornos de “masa caliente” que no permite la entrada ni salida aire impidiendo renovaciones.

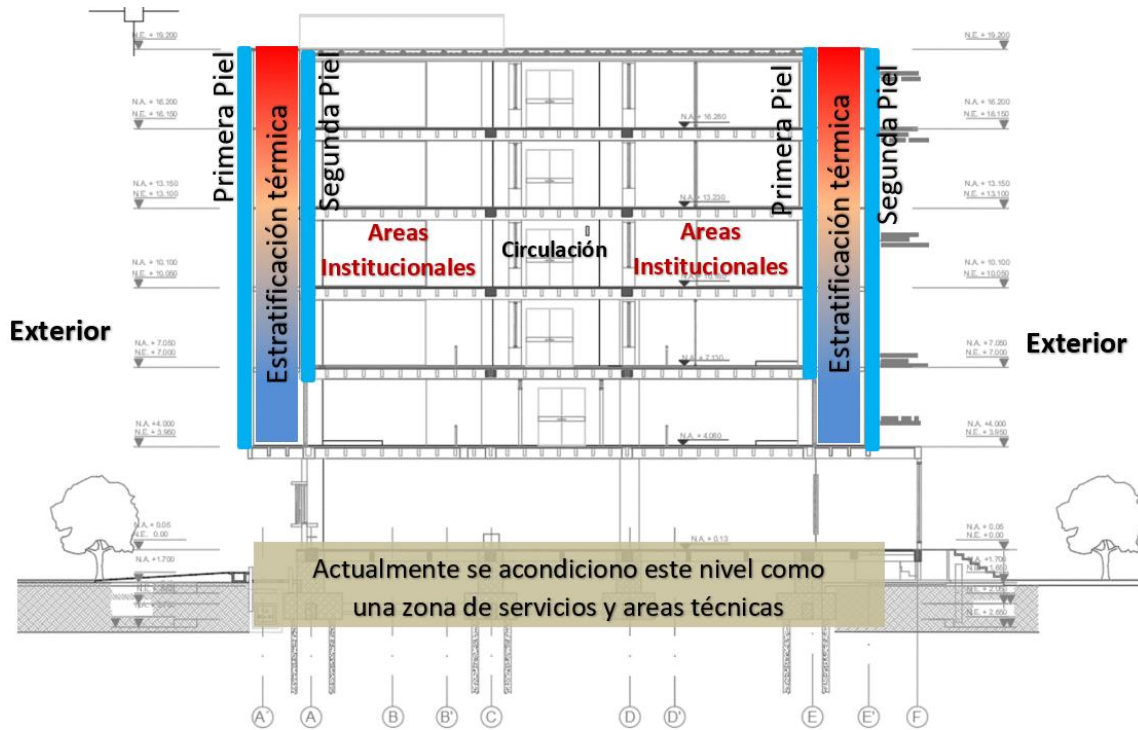


Ilustración 42. Estratificación térmica-Pieles del edificio. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se relacionan los horarios de ocupación de la edificación:

Lugar	Ubicación	Horario					
		Weekday					
		Mañana		Medio Día		tarde-noche	
SEDE JUDICIAL CAN	Espacios de oficina	7:00:00	11:59:00	12:00:00	13:00:00	13:00:00	18:00:00 p. m.

Ilustración 43. Horarios de ocupación de la edificación. Fuente: Rama Judicial Edificio Aydeé Anzola

Criticidad

Las encuestas basadas en el estándar Ashrae 55 arrojaron inconformidad térmica en los ocupantes de las áreas administrativas medidas en el piso dos, piso cuatro y piso seis. En el piso 2 presentan sensación de frío constante en horas de la mañana y confort en horas de la tarde, en el piso 4 se presenta confort en el promedio del día y en el piso 6 se presenta

sensación de altas temperatura durante todo el día, especialmente desde el inicio y a través de toda de la tarde.

El edificio caso de estudio presenta cambios fuertes de temperatura por falta de un estudio bioclimático en el diseño inicial que en su momento de diseño incluyera una simulación de comprobación de las condiciones de los sistemas activos y pasivos generadores del problema de discomfort que hoy se presenta. Un autor comenta “Building thermal behaviour and the related energy consumption are defined by a complex interaction of heat gains, losses and storage in building materials and finishing. Four main sources of heat fluxes can be observed when studying the heat balance of a building. For reasons of simplification, a single room with uniform air temperature will be considered in the following qualitative analysis” (Verbeke & Audenaert, 2017).

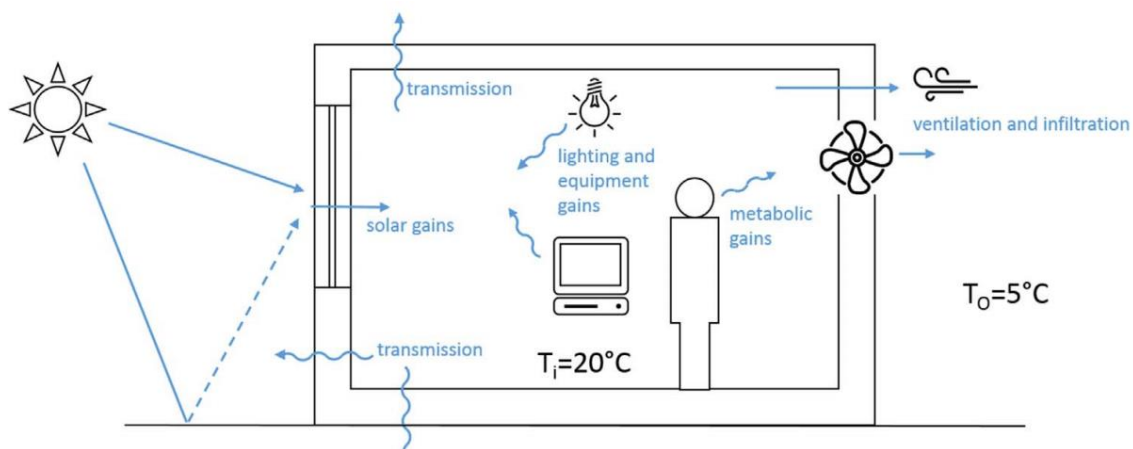


Ilustración 44. Schematic overview of heat fluxes to and from a single-room building.

Fuente: Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and

La edificación presenta limitación en el manejo térmico debido a condiciones de la infraestructura física como falta de conexión de aperturas, de operatividad de basculantes y equilibrio térmico en los diferentes pisos en este caso los pisos dos, cuatro y seis en relación con la verticalidad. De acuerdo con las mediciones en sitio, la temperatura aumenta a medida que sube el número de piso lo cual indica que la edificación se encuentra en condición de estratificación térmica, pero con la condición de saturación térmica por desconexión de aperturas y áreas de respiración y extracción. Es evidente que la especificación de materiales vidriados y de aluminio genera superficies altamente emisivas y trasmisoras de calor debido a su conductividad térmica.

El piso 2 presenta condiciones de sensación térmica baja especialmente en horas de la mañana, el piso 4 presenta sensación de temperaturas medias de confort en la mañana, algunos momentos temperatura altas en horas de la tarde y el piso seis presenta condiciones de temperaturas medias en la mañana y excesivamente altas en horas de la tarde.

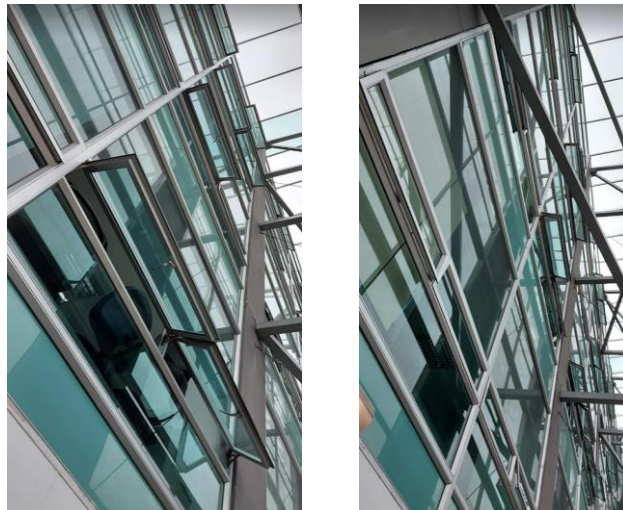


Ilustración 45. Control manual de basculantes por los ocupantes. Fuente: Elaboración

Propia

Un autor indica “La incorporación de materiales fríos (con alta reflectividad) en las envolventes edilicias resulta una técnica pasiva eficiente para disminuir la demanda de energía para refrigerar en períodos estivales” (Consejo Nacional de Investigaciones, 2012). Lo anterior puede justificar la necesidad de diseñar estrategias especialmente en el piso seis a través de la cubierta y fachada teniendo en cuenta que es el piso normalmente ocupado que tiene como superficie superior un sistema de lámina colaborante más impermeabilizantes expuestos a la irradiancia solar y que determina en parte la capacidad de retención y transmitancia térmica que la masa de la placa de cubierta entrega en las áreas administrativas del piso seis.

El piso seis representa un desafío de inversión ya que requeriría un mejoramiento en la huella de la edificación, sin embargo, es determinante una estrategia para lograr bajar la temperatura en el piso inmediatamente anterior. Al respecto de lo anterior, una publicación indica “A transfer function is associated with each of the three inputs (outside temperature, solar flux, heating power) (Viot, Sempey, Mora, Batsale, & Malvestio, 2018).

Es importante entender que aumentar la masa térmica, no necesariamente supone una mejora de eficiencia energética, si bien el enfoque de esta investigación son las estrategias de confort térmico, también se enfoca en la minimización del consumo energético porque tiene una relación directa con el aumento de temperatura. Un artículo indica “The results agree with existing literature that high thermal mass structures are likely to be effective in hot climates; however, in cold climates the drawbacks of high thermal mass likely outweigh the advantages, and high thermal mass can cause an increase in energy use. This finding has implications for the design of buildings in cold climates, and contradicts the commonly-held assumption that high thermal mass is correlated with low energy use.and

effective U-value) provide a generalisable method to quantify these effects” (Reilly & Kinnane, 2017).

Igualmente, la edificación no presente el caudal de ventilación que corresponda a la aplicación del mandatorio estándar Ashrae 62.1 según las mediciones realizadas con una estación bioclimática a través de varios equipos tipo anemómetro digital. La temperatura y la ventilación presentan saturación y estancamiento en los espacios ya que no existe el criterio de ventilación cruzada y la costumbre de operatividad de las basculantes dependen de la sensación de confort del ocupante inmediato a la basculante más no de la generalidad de las necesidades de todas las personas. Con la anterior condición se puede decir que la edificación mantiene una condición de saturación térmica e incumplimiento normativo y de las condiciones de Confort de acuerdo con Ilustración 46. Diagnóstico y criticidad Bioclimática en el edificio. Fuente: Elaboración propia.

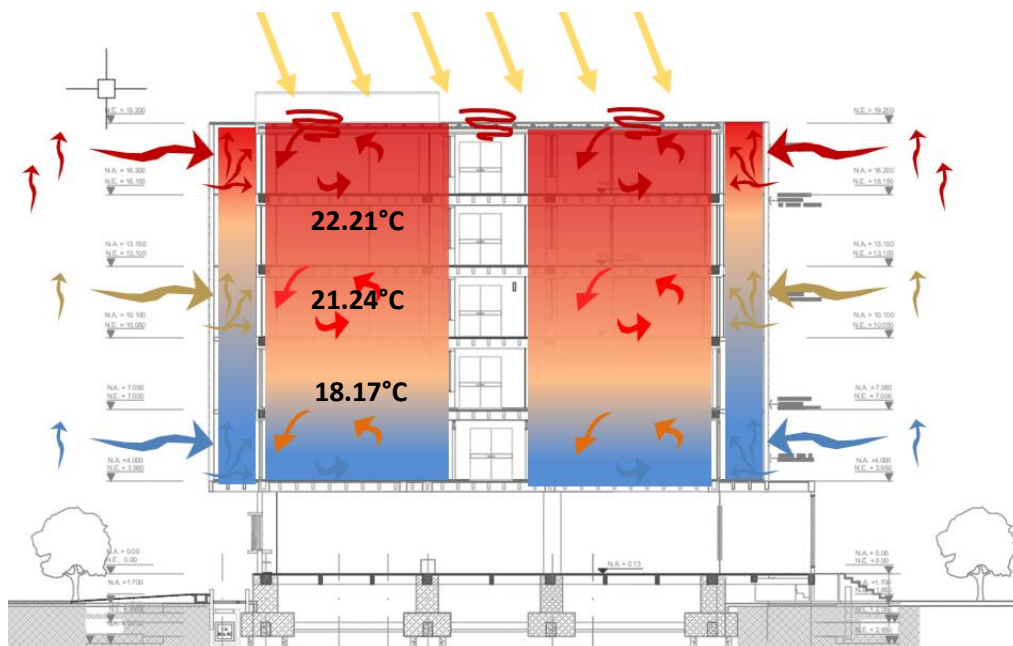


Ilustración 46. Diagnóstico y criticidad Bioclimática en el edificio. Fuente: Elaboración propia

Otra de las condiciones críticas que determinan en gran porcentaje que no exista un intercambio fluido de la temperatura en los espacios de oficina y las áreas administrativas-institucionales ocupadas, es la limitada y errónea implementación de cubierta y apertura en los corredores de la cámara de aire (Corredores desde piso dos hasta cubierta - también conocidos como balcones) ya que no permite la evacuación correcta del aire caliente. Esta condición genera el sobrecalentamiento del edificio aun contando con una envolvente con rejillas perimetrales tal como se ve en; Ilustración 47. Remate cubierta en cristal con reventilación obstruida.

Otra condición equívoca en el efecto stack existente es la errónea salida del aire por una sola orientación y justamente aquella que está en contra de los vientos predominantes, es decir que el aire caliente intenta salir, pero no lo logra porque la orientación de la salida es Norte-Oriente y genera una presión negativa evitando evacuación del aire caliente y viciado. Igualmente, la falta de altura del remate del sistema del efecto stack genera problemas de presión y estratificación.

Por último, la superficie de remate es un cristal que no genera atracción de aire caliente. Igualmente, la vertical en vidrio genera efecto invernadero más no una condición controlada en el manejo y flujo térmico dinámico del aire y la temperatura. Al mismo tiempo “Cuando se quiere lograr un efecto convectivo eficiente, se debe diseñar pensando que el “stack” debe ser suficientemente alto para que el NPL quede sobre el edificio, y de esta manera lograr evacuar todo el aire caliente”. (Instituto de la Construcción, 2012)



Ilustración 47. Remate cubierta en cristal con reventilación obstruida



Ilustración 48. Remate cubierta zona de circulación de estratificación térmica. Fuente:

Elaboración propia

Simulaciones térmicas dinámicas de los pisos dos y piso seis en las condiciones existentes

Las simulaciones realizadas en los pisos dos y seis fueron el resultado del ingreso de datos de la base climática de Bogotá generada a través de meteonorm y weathertools, materiales existentes, ocupaciones, cargas activas, valor clo, programación, tipo de ventilación y la modelación en tres dimensiones de la edificación por medio de software Designbuilder, a continuación, los datos relevantes y los resultados de las simulaciones de los pisos dos y piso 6.

Los dos pisos fueron simulados con los materiales existentes, translucidos y opacos (cristales y muros), cubiertas, aperturas, basculantes, policarbonatos, rejillas, pisos, igualmente se cargaron los datos de ocupaciones, horarios de ocupación, cargas térmicas de equipos de oficina, computadores, iluminación, valor clo, revisión del metabolismo, genero de personas que habitan estos lugares y datos meteorológicos de Bogotá, estos últimos según la extrapolación y extracción de datos de los softwares Meteonorm y Weathertools a través del Desingbuilder, los cuales se registran en las ilustraciones a lo largo del documento .

De acuerdo a lo anterior, el software de simulación térmica dinámica arrojó resultados que dieron la base para definir las estrategias y posteriormente volver a simular y comprobar en el cumplimiento normativo. Se realizaron simulaciones del piso dos y piso seis y en cada piso se sacaron simulaciones de una sala de audiencia en piso dos y un despacho judicial en el sexto piso para entender puntualmente el comportamiento Bioclimático respecto al confort térmico en estos espacios específicamente.

A continuación, se muestran resultados de la simulación de los dos pisos y de las dos oficinas del piso dos y del piso seis, siendo estos la base de evaluación de fondo especialmente relacionada con la temperatura operativa.

Simulación de comprobación del Piso 2 en las condiciones existentes

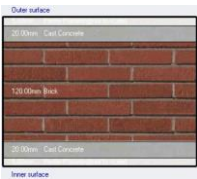



Materiales Opacos Piso 2 - existentes				
Tipo	Capas	Imagen	Espesor (m)	Valor "U" W/m ² *K
Muros exteriores envolvente (External wall)	Perlite plastering		0.005	2.01
	Mortero (Cast Concrete)		0.02	
	Brick No 12		0.12	
	Mortero (Cast Concrete)		0.005	
	Perlite plastering			
Particiones internas (Internal Partition)	Gypsum Plasterboard		0.025	1.639
	Ais Gap		0.1	
	Gypsum Plasterboard		0.025	
Placa superior	Polyamide		0.025	1.28
	Cement/Plaster/mortar		0.02	
	Polyamide		0.025	
	Cast Concrete		0.21	
	Air Gap		0.21	
	Gypsum Plasterboard		0.013	
Suelo Interno del Proyecto - Placa Entrepiso	Cast Concrete		0.013	1.55
	Air Gap		0.3	
	Gypsum Plasterboard		0.07	

Ilustración 49. Tablas materiales opaca Piso 2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

Materiales translucidos							
Composición	C.A	LT	ST (STC)	SHGC	% Espejismo	Color	Transmitancia térmica Valor "U" K/M²K
Glazing; generic clear 6mm glass	na	0.88	0.77	0.81	N.A	transparente	5.77

Ilustración 50. Tablas materiales translucidos Piso2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

General Lighting

On

Normalised power density (W/m2-100 lux) 3.3000

Schedule Office_OpenOff_Occ-Illuminacion CAN

Luminaire type 2-Surface mount

Radiant fraction 0.720

Visible fraction 0.180

Ilustración 51. Tablas de iluminación Piso 2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

Natural Ventilation

On

Outside air definition method 1-By zone

Outside air (ac/h) 3.000

Operation

Schedule Office_OpenOff_Occ

Outdoor Temperature Limits >>

Delta T Limits >>

Delta T and Wind Speed Coefficients >>

Options >>

Wind factor 1.00

Control mode 4-Constant

Ilustración 52. Ventilación natural cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

Occupancy	
Density (people/m2)	0.1124
Schedule	Office_OpenOff_Occ

Ilustración 53. Ocupación Piso 6 cargada en software con base en información del edificio

Aydeé Anzola

Metabolic	
Activity	Light office work/Standing/Walking
Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children=0.75)	0.90
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000382
Clothing	
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50

Ilustración 54. Condición Metabólica y valor CLO en Piso 2 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola

Simulation Weather Data	
Hourly weather data	Copy of COL_BOGOTA_IWEC
Day of week for start day	8-Use weather file

Ilustración 55. Archivo Climático de Bogotá. Fuente: Meteonorm, Weathertools,

Designbuilder

23.54
EnergyPlus Output

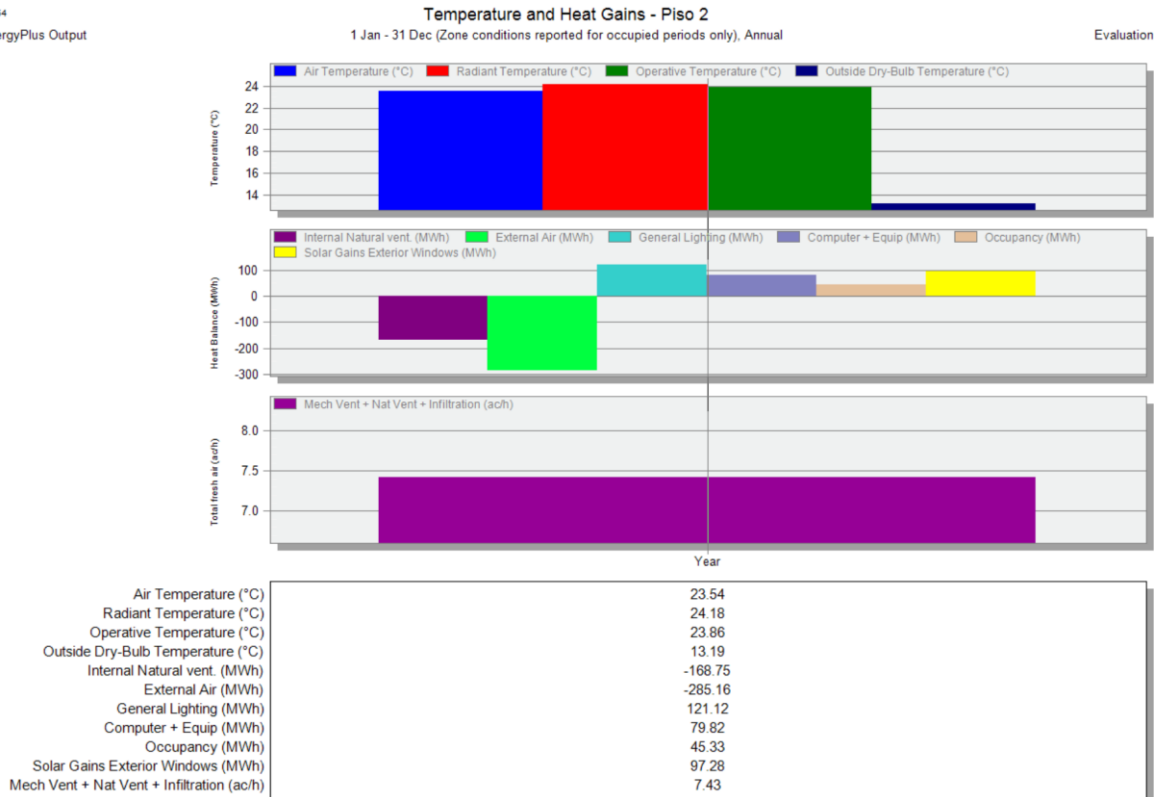


Ilustración 56. Simulación anal promedio Piso 2 condiciones existentes. Fuente:

Elaboración propia

Teniendo en cuenta el 80% (18.3°C a 25.3°C) y 90% (19.3°C a 24.3°C) de límites de aceptabilidad del estándar Ashrae, se puede comprobar que la generalidad del piso dos cumple condiciones de confort y confort adaptativo en el promedio anual. Se evidencia que las mayores ganancias medidas en Kw se dan por Iluminación seguidas por ventanas exteriores, por equipos y ocupaciones. Se evidencian renovaciones cambios hora promedio anual de 7.43 ac/h

El cálculo de horas de confort anual arrojó una franja entre el 96 y el 100%.

A continuación, se presenta la simulación específica en una oficina (Sala de audiencias del piso 2-zona 19)

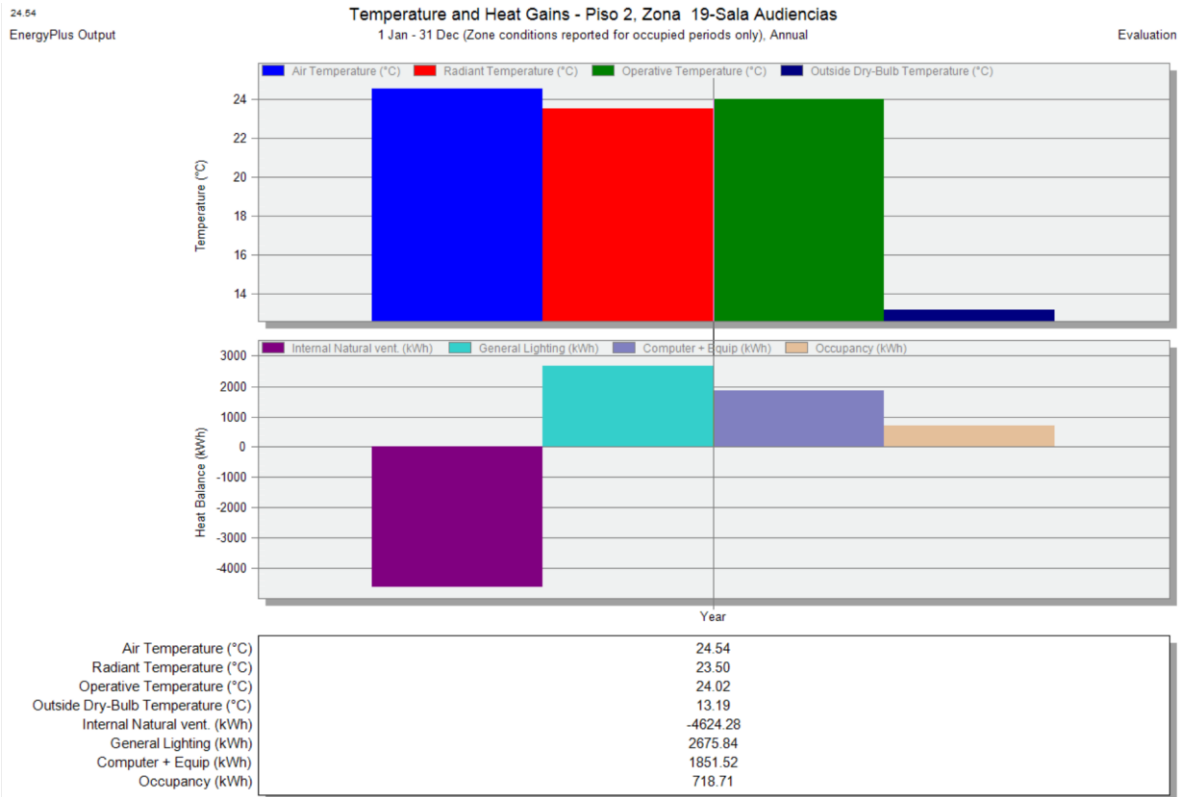


Ilustración 57. Simulación promedio anual Piso 2 Sala de audiencia zona 19, condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Sala de audiencia 19 del piso 2, se puede comprobar que se cumple con las condiciones de confort y confort adaptativo en el promedio anual. Las mayores ganancias de temperatura se dan por iluminación seguida por los equipos y luego por ocupación. Aunque no se evidencian renovaciones, se debe a que no se permite involucrar ventanas ni elementos de renovación por la condición, vocación del espacio de audiencias derivado por condición de seguridad que se requiere mantener en estos espacios. Es decir que existe la preferencia por un sistema electromecánico debido a esta condicionante.

El cálculo de horas de confort anual arroja una franja entre el 95 y el 100%.

Simulación de comprobación del Piso 6 en las condiciones existentes

Tabla de materiales;

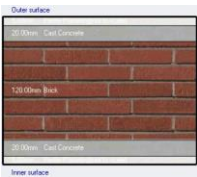



Materiales Opacos Piso 6 existentes				
Tipo	Capas	Imagen	Espesor (m)	Valor "U" W/m ² *K
Muros exteriores envolvente (External wall)	Perlite plastering		0.005	2.01
	Mortero (Cast Concrete)		0.02	
	Brick No 12		0.12	
	Mortero (Cast Concrete)		0.005	
	Perlite plastering			
Particiones internas (Internal Partition)	Gypsum Plasterboard		0.025	1.639
	Ais Gap		0.1	
	Gypsum Plasterboard		0.025	
Flat Roof (Cubierta Plana)	Polyamide		0.025	1.28
	Cement/Plaster/mortar		0.02	
	Polyamide		0.025	
	Cast Concrete		0.21	
	Air Gap		0.21	
	Gypsum Plasterboard		0.013	
Suelo Interno del Proyecto - Placa Entrepiso (Internal floor)	Cast Concrete		0.013	1.55
	Air Gap		0.3	
	Gypsum Plasterboard		0.07	

Tabla 7. Tablas materiales opacos Piso 6. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

Materiales translucidos							
Composición	C.A	LT	ST (STC)	SHGC	% Espejismo	Color	Transmitancia térmica Valor "U" K/M²K
Glazing; generic clear 6mm glass	na	0.88	0.77	0.81	N.A	transparente	5.77

Tabla 8. Tablas materiales translucidos Piso 6. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola



Ilustración 58. Iluminación cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

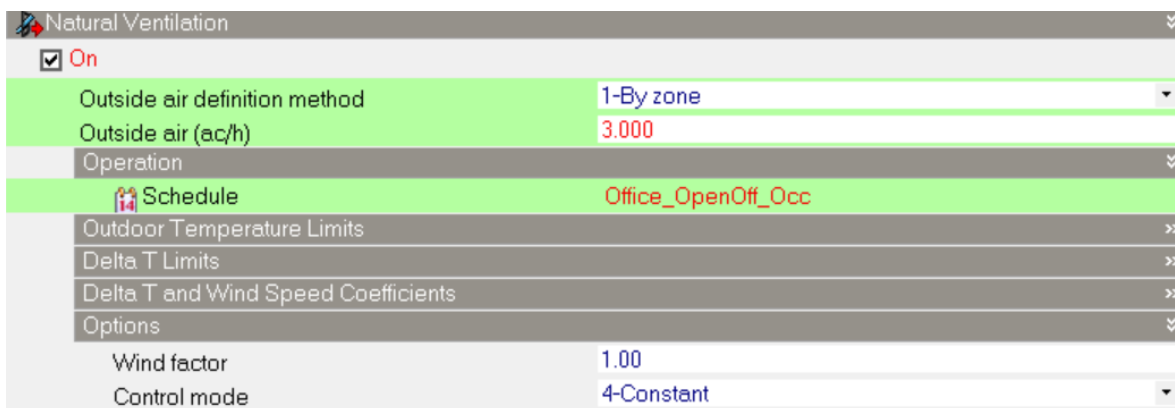


Ilustración 59. Ventilación natural cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola

Occupancy	
Density (people/m2)	0.2300
Schedule	Office_OpenOff_Occ

Ilustración 60. Ocupación Piso 6 cargada en software con base en información del edificio

Aydeé Anzola

Metabolic	
Activity	Light office work/Standing/Walking
Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children=0.75)	0.90
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000382
Clothing	
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50

Ilustración 61. Condición Metabólica y valor CLO en Piso 6 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola

Simulation Weather Data	
Hourly weather data	Copy of COL_BOGOTA_IWEC
Day of week for start day	8-Use weather file

Ilustración 62. Archivo Climático de Bogotá. Fuente: Meteonorm, Weathertools,

Designbuilder

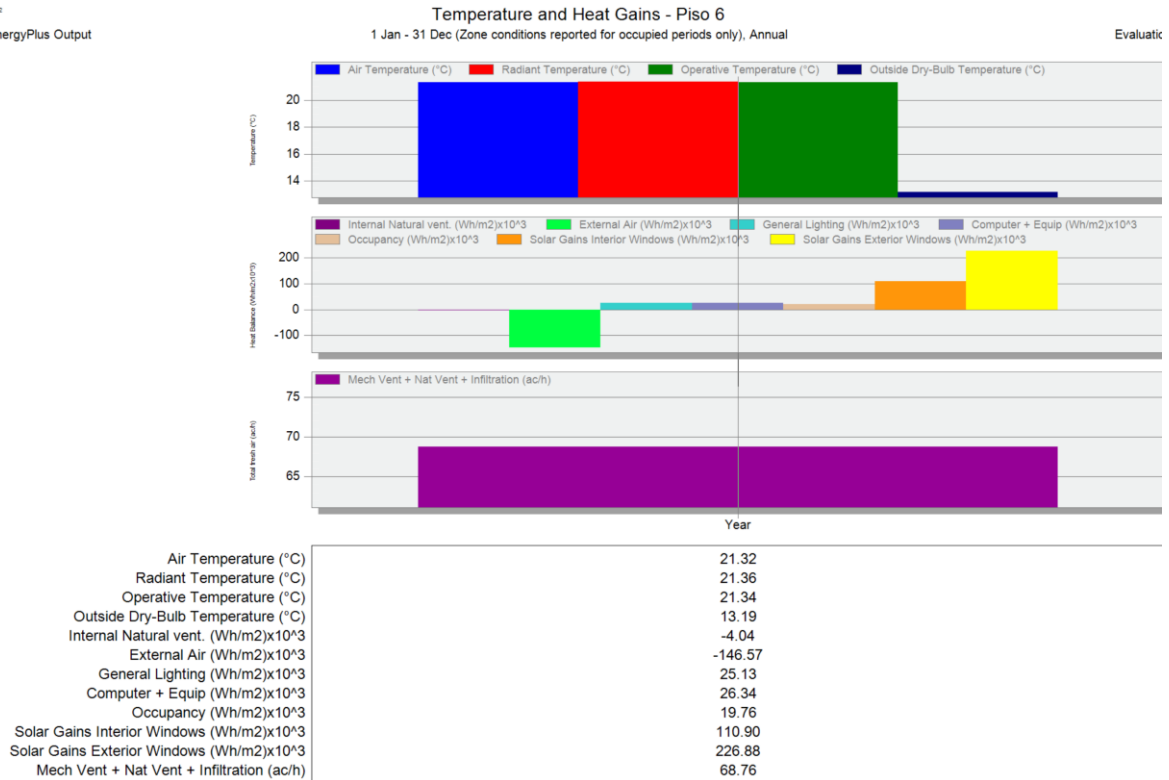


Ilustración 63. Simulación promedio anual piso 6 condiciones existentes. Fuente:

Elaboración propia

Teniendo en cuenta el 80% (18.3°C a 25.3°C) y 90% (19.3°C a 24.3°C) de límites de aceptabilidad del estándar Ashrae, se puede comprobar cumplimiento confort. Se evidencia que las mayores ganancias medidas en Kw se dan por ventanas exteriores e interiores, seguidos por equipos e iluminación. Se evidencian renovaciones de 68.76 ac/h en la generalidad del piso, especialmente áreas de circulación.

El cálculo de horas de confort anual arrojó un rango entre el 87 y 92%.

A continuación, se presenta la simulación específica en una oficina (despacho judicial del piso 6-zona 21)

24.24
EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - Piso 6, Zone 21-Despacho Judicial
1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual

Evaluatic

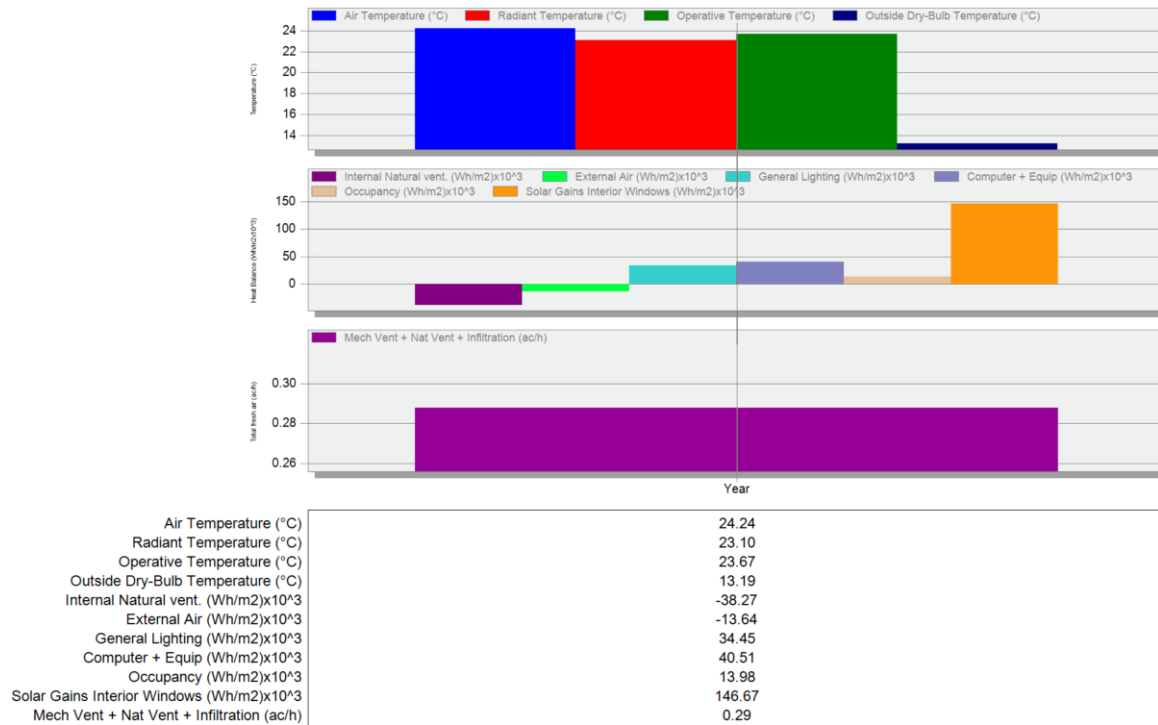


Ilustración 64. Simulación promedio anual oficina Despacho judicial Piso 6, zona 21, condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia

Al analizar el despacho judicial del piso 6, se evidencia que cumple confort y confort adaptativo en el promedio anual teniendo en cuenta el 80% (18.3°C a 25.3°C) y 90% (19.3°C a 24.3°C) de límites de aceptabilidad del estándar Ashrae. Presenta renovaciones relativamente bajas de 0.29 ac-h.

El cálculo de horas de confort anual arrojó un rango entre un 75 y 80%.

De acuerdo a la anterior información se realizan las siguientes consideraciones;

- El piso 2 presenta confort térmico entre el 96 y 100% y la sala de audiencia 19 presenta confort entre en el 95 y 100% de las horas ocupadas

- El piso 6 presenta confort entre el 87 y 92% y el despacho judicial 21 presenta discomfort entre el 20 y 25%
- Teniendo en cuenta que el aumento de temperatura por cambio climático tiene un estimado de 2.3°C al año 2100, se tendría promedio anual de 25.59°C lo que define aún más el discomfort y requiere implementar estrategias de mejora.
- Las mediciones difieren de las simulaciones en las condiciones existentes debido a que el edificio solo presenta una ocupación de entre el 20 y el 30% lo cual evidencia condiciones atípicas y marca datos de temperatura por debajo del promedio o normal condición de operación estando entre el 80 y 100% de ocupación.

Con base en esto, se hace necesario poner a punto el confort térmico de la edificación por medio de nuevas estrategias específicamente en el despacho judicial 21 piso 6 y del cual se ocupa en adelante este caso de estudio. Es de aclarar que este caso de estudio toma como referencia la simulación al 100% de los ocupantes y no las mediciones realizadas en sitio teniendo en cuenta que las bajas ocupaciones se dan por condiciones de pandemia y de paros generalizados en los sectores económicos de Colombia debido a la coyuntura social y política en Colombia.

Igualmente, teniendo en cuenta que la coyuntura actual ha generado la limitada ocupación de la edificación a un 20 y 30%, también se desarrolló una simulación de comprobación con el escenario de dichas ocupaciones y así determinar su comportamiento, sin embargo, se aclara que esta es una condición de comprobación de temperatura operativa respecto a la ocupación del 30% mas no es el enfoque de fondo de esta investigación. A continuación, los registros

20.97
EnergyPlus Output

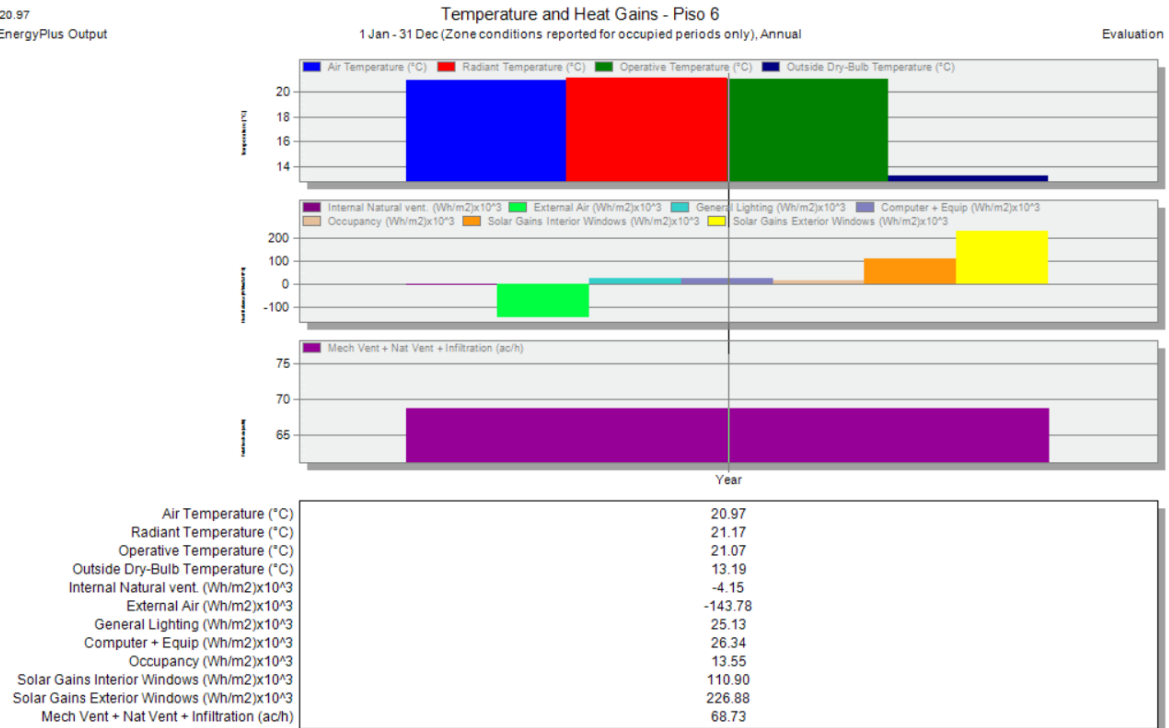


Ilustración 65. Simulación promedio anual Piso 6. 30 % de ocupación. Fuente:

Elaboración propia

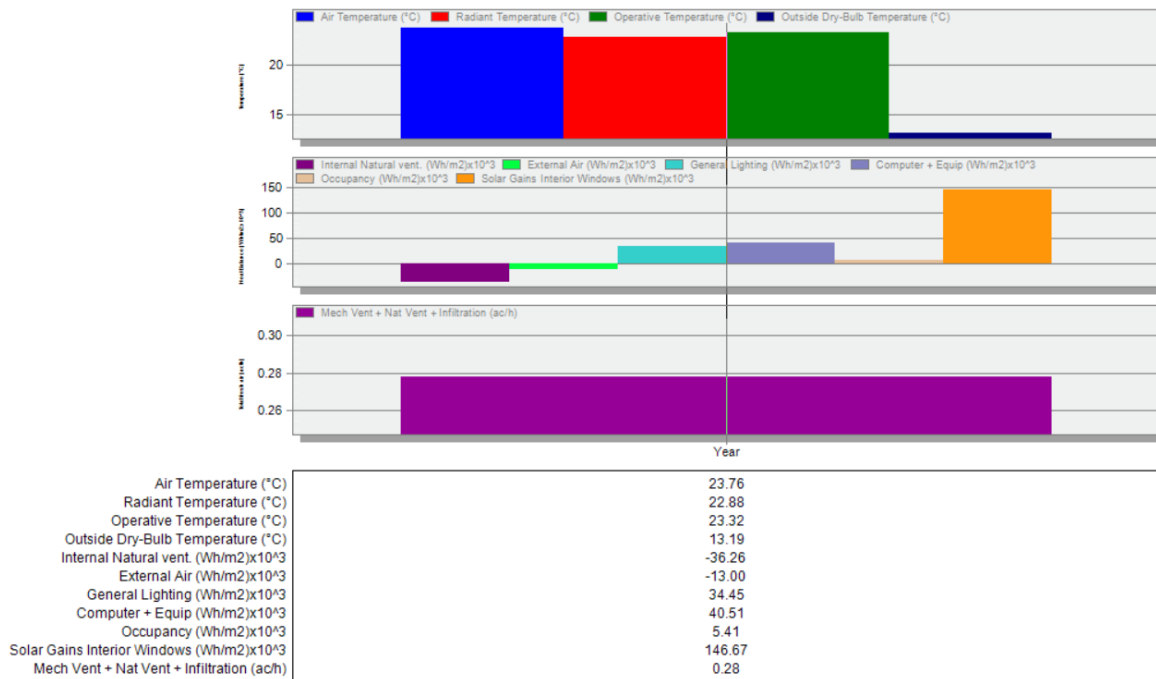
Teniendo en cuenta el 80% (18.3 a 25.3) y 90% (19.3 a 24.3) de límites de aceptabilidad del estándar Ashrae, se puede comprobar cumplimiento confort y confort adaptativo. Se evidencia que las mayores ganancias medidas en Kw se dan por ventanas exteriores, seguidos por ventanas interiores, equipos, e iluminación. Se evidencian renovaciones de 68.73 ac/h siendo estas de la generalidad del piso.

El cálculo de horas de confort anual arroja un rango entre el 86 y 91%.

23.76
EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - Piso 6, Zone 21-Despacho Judicial
1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual

Evaluation



*Ilustración 66. Simulación oficina despacho judicial Piso 6, zona 21, ocupación al 30%.
Fuente: Elaboración Propia*

Teniendo en cuenta el 80% (18.3 a 25.3) y 90% (19.3 a 24.3) de límites de aceptabilidad del estándar Ashrae, se puede comprobar cumplimiento confort adaptativo. Se evidencia que las mayores ganancias medidas en Kw se dan por ventanas exteriores, seguidos por equipos, e iluminación. Se evidencian renovaciones de 0.28 ac/h. El cálculo de horas de confort anual arrojó un rango entre 78 y 83%.

Estrategias de Diseño Sostenible

Entendiendo que en el piso 6, específicamente el despacho 21 presenta disconfort entre un 20 y 25% del tiempo, las estrategias de diseño bioclimático se enfocan en dar solución o garantizar por lo menos el confort o confort adaptativo en este espacio que representan las

mayores afectaciones según las simulaciones, mediciones y quejas de los trabajadores (encuestas puntuales).

Como ruta o guía en la definición de las estrategias de diseño pasivo Bioclimático, se hace una revisión a los resultados o registros arrojados por el software Climate Consultant, sin embargo, estos hacen referencia específicamente a condiciones para edificaciones evidentemente pasivas, siendo este un software aplicable con una efectividad alta en ubicaciones de latitudes con climas estacionales principalmente. Cabe destacar que Bogotá al ser una ubicación atípica del clima tropical frío, las condiciones descritas en el software son relativas más no absolutamente efectivas para estas latitudes cercanas a la línea ecuatorial, pero que sin duda dan una línea base para la definición de estrategias acertadas.

A continuación, se registran los datos de “Psychrometric Chart” además del listado de las 16 estrategias de las cuales se toman únicamente tres estrategias para el caso de estudio.

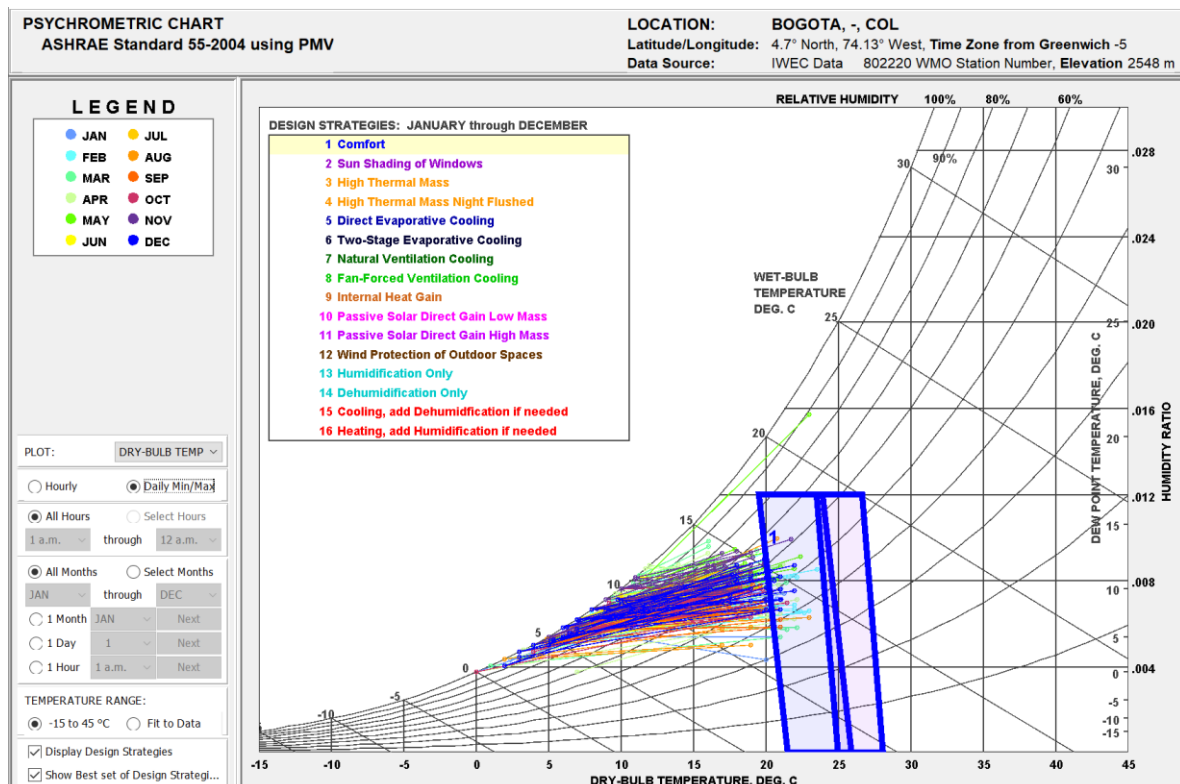


Ilustración 67. Diagrama de dispersión- Psychrometric Chart. Fuente: Climate Consultant,

Ashrae

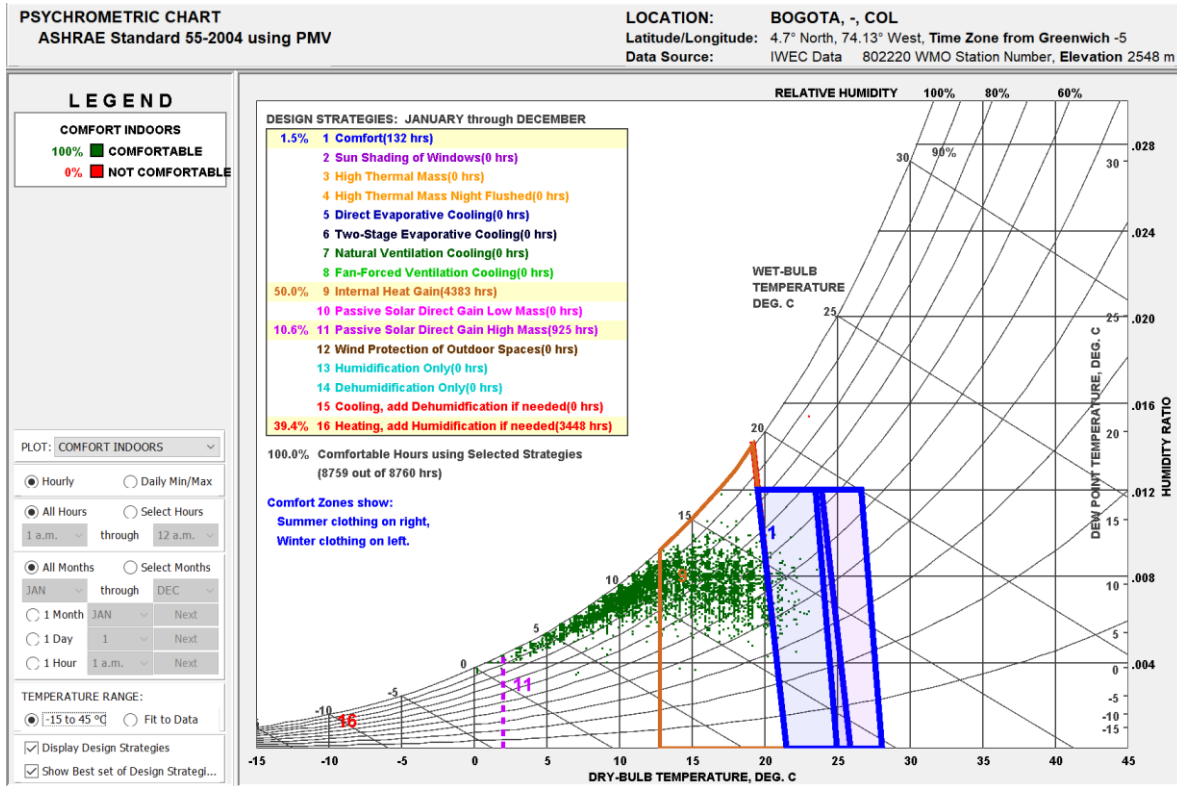


Ilustración 68. Mejores estrategias-Psychrometric Chart. Fuente: Climate Consultant,

Ashrae

11	Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated (to lower Balance Point temperature)
10	Glazing should minimize conductive loss and gain (minimize U-factor) because undesired solar radiation gain has less impact in this climate
63	Traditional passive homes in cool overcast climates used low mass tightly sealed, well insulated construction to provide rapid heat buildup in morning
19	For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer
3	Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria)
1	Tiles or slate (even on wood floors) or a stone-faced fireplace provides enough surface mass to store winter daytime solar gain and summer nighttime...
8	Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather (seasonal sun rooms, enclosed patios, courtyards, or verandahs)
67	Traditional passive homes in cold clear climates had snug floorplan with central heat source, south facing windows, and roof pitched for wind protection
13	Steep pitched roof, with a vented attic over a well insulated ceiling, works well in cold climates (sheds rain and snow, and helps prevent ice dams)
15	High Efficiency furnace (at least Energy Star) should prove cost effective
18	Keep the building small (right-sized) because excessive floor area wastes heating and cooling energy
4	Extra insulation (super insulation) might prove cost effective, and will increase occupant comfort by keeping indoor temperatures more uniform
23	Small well-insulated skylights (less than 3% of floor area in clear climates, 5% in overcast) reduce daytime lighting energy and cooling loads
31	Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation
16	Trees (neither conifer or deciduous) should not be planted in front of passive solar windows, but are OK beyond 45 degrees from each corner
28	Windows can be unshaded and face in any direction because any passive solar gain is a benefit, and there is little danger of overheating
22	Super tight buildings need a fan powered HRV or ERV (Heat or Energy Recovery Ventilator) to ensure indoor air quality while conserving energy
12	Insulating blinds, heavy draperies, or operable window shutters will help reduce winter night time heat losses
14	Locate garages or storage areas on the side of the building facing the coldest wind to help insulate
7	Use vestibule entries (air locks) to minimize infiltration and eliminate drafts, in cold windy sites

Ilustración 69. Listado estrategias segun Climate Consultant. Fuente: Fuente: Climate Consultant, Ashrae

Se tomaron los datos de entrada de las preguntas puntuales, registros de mediciones en sitio, análisis del lugar, diagnóstico de la edificación, escenarios de cambio climático, la interpretación de weathertools, meteonorm, designbuilder y las recomendaciones del software climate consultant, teniendo en cuenta los anteriores, se definen tres estrategias para lograr mejores condiciones de confort en el caso de estudio:

- Ventilación cruzada y superior en los espacios de despachos y/o juzgados
- Cambio o mejoramiento de la prestación térmica del cristal de la primera piel
- Control de transmitancia en cubierta (Masa térmica)

Se aclara que esta investigación únicamente se basa en definir la mejor estrategia y no combinarlas entre sí debido a que trata de un caso real a implementar en la edificación y al ser un edificio público, sus recursos y presupuestos de inversión anual son muy limitados. Considerando lo anterior, se debe intervenir lo menos posible la infraestructura con la que se cuenta actualmente.

Ventilación cruzada (Estrategia uno)

En los pisos y especialmente en las oficinas o áreas administrativas objeto de estudio, se requiere mejorar el área de apertura de los basculantes por un mecanismo fijo automatizado que garantice los horarios de apertura y cierre en los horarios de mayor o menor temperatura y saturación térmica.

Mejoramiento de prestaciones térmicas cristales – Película (Estrategia dos)

Los cristales de la primera piel de las dos fachadas de mayor longitud, deberán ser mejoradas por medio del cambio de películas o reemplazo de los cristales existentes que soporten un valor “U” bajo entre 1.8 y 3.5.

Control de transmitancia en cubierta (Estrategia tres)

Se requiere diseñar un sistema que garantice la baja transmitancia térmica entre la cubierta y el piso anterior, se recomienda una cubierta del tipo extensiva con vegetación nativa o adaptada. En su defecto por presupuesto se puede implementar una capa o superficie un valor “U” bajo como por ejemplo un sistema de material orgánico tipo tierra de bajo peso y espesor más una capa de grava de una pulgada, siendo esta opción la más conveniente tanto por presupuesto como por solución en la respuesta térmica.

Otras condiciones relevantes a tener en cuenta

Control de operabilidad de las basculantes

Se requiere implementar un control por medio de un sistema activo para controlar las basculantes existentes mediante sensores térmicos y de velocidad de viento, esto permitirá la toma de decisiones automática según los setpoint configurables por sistema PLC (Programatic Logic Control).

Acerca de la administración de estas estrategias

De acuerdo a las anteriores estrategias pasivas, los sistemas pasivos podrán implementar sistemas de control y automatización para ser administrados por medio de comunicación electromecánica según las variables medioambientales reportadas por en los registros de temperatura, ventilación, humedad, húmedas, entre otros. De esta manera se logra que las aperturas, cierres, inclinaciones, o elementos físicos arquitectónicos bioclimáticos, respondan a los estándares de confort o confort adaptativos del estandar Ashrae 55. Sin embargo, este es un sistema activo de apoyo que no limita, sustituye o modifica los requerimientos pasivos de confort según el índice PMV.

Una investigación indica que “Despite the advancements in Building Management Systems (BMS) and the recent research in adaptive building control systems [15–19], the PMV index and air-quality levels are the most common techniques to maintain occupant comfort in buildings without taking into consideration the actual occupant preferences and their comfort levels” (Abdallah, Clevenger, & Golparvar-Fard, 2015).

Etapa 3 - Simulación de comprobación

Resultados

Ventilación cruzada (Estrategia uno)

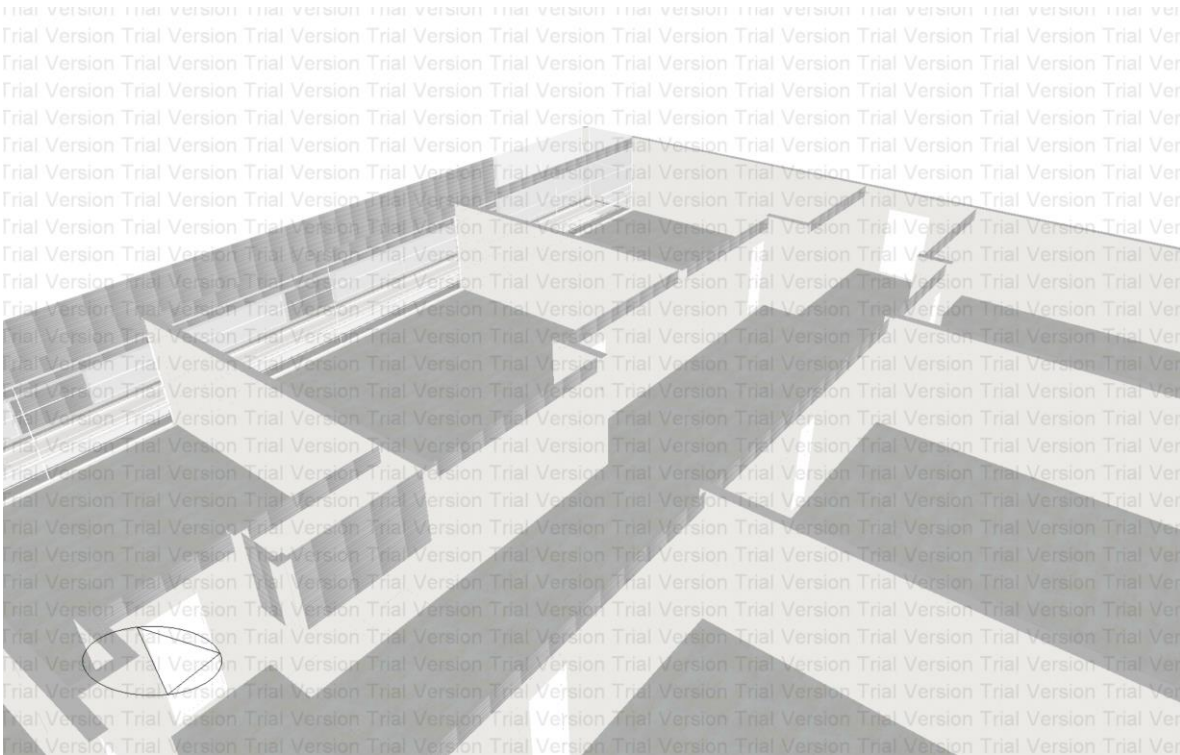


Ilustración 70. Rejillas interiores, exteriores y termosifón en piso sexto. Fuente:

Elaboración propia

En esta estrategia se implementó la operabilidad de las basculantes existentes en el edificio, la implementación de una nueva franja de rejillas superiores en la misma cara de fachada de la basculante y se propuso otra rejilla horizontal superior en la otra cara del muro (Muro opuesto a la piel de la ventanería o contra la circulación interna). Igualmente se implementó un sistema de termosifón en los dos extremos de la planta del piso 6 para

control de renovaciones de aire de los espacios cerrados de la edificación, además por contar con puertas en vidrio confinadas que, al no permitir su modificación, generan cero renovaciones. Cabe destacar que el espacio de análisis particular es el despacho 21 del piso 6, sin embargo, también se realiza una simulación a la generalidad del piso 6 para entender su comportamiento. Se muestran los resultados tanto para el piso seis como para una de sus oficinas -Despacho judicial No 21.

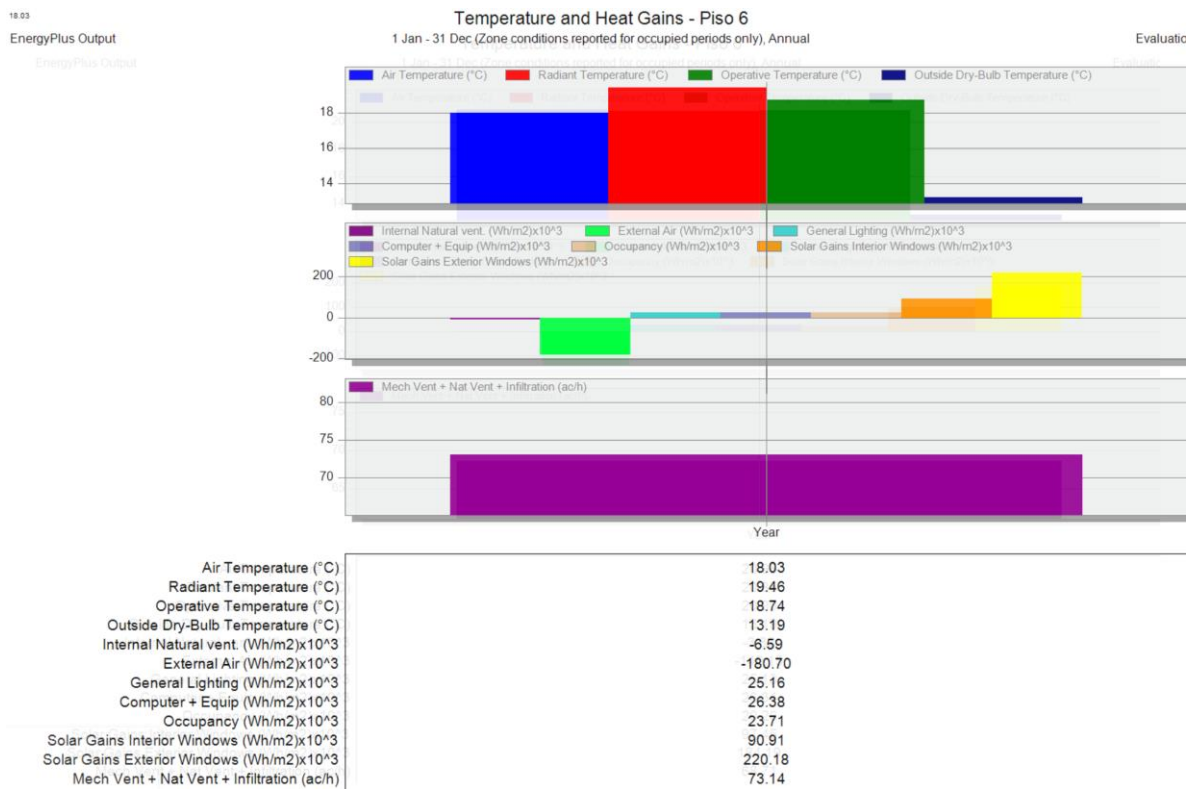
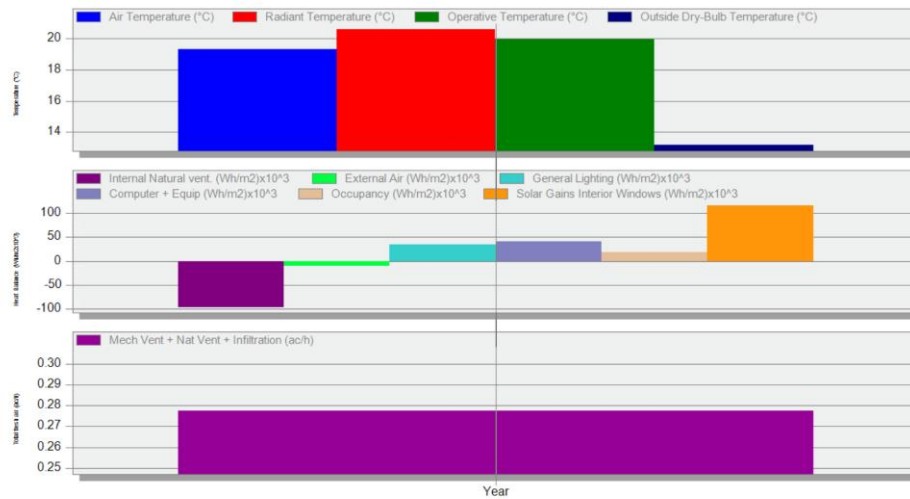


Ilustración 71. Simulación anual estrategia ventilación cruzada-Piso sexto. Fuente:

Elaboración propia

Total, horas de confort en piso seis arrojó un rango entre 61 y: 65%

Temperature and Heat Gains - Piso 6, Zone 21-Despacho Judicial
1 Jan -31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual



Air Temperature (°C)	19.33
Radiant Temperature (°C)	20.60
Operative Temperature (°C)	19.96
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.19
Internal Natural vent. (Wh/m ²)x10 ³	-96.00
External Air (Wh/m ²)x10 ³	-10.08
General Lighting (Wh/m ²)x10 ³	34.45
Computer + Equip (Wh/m ²)x10 ³	40.51
Occupancy (Wh/m ²)x10 ³	18.11
Solar Gains Interior Windows (Wh/m ²)x10 ³	115.37
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.28

Ilustración 72. Simulación anual estrategia ventilación cruzada - Piso sexto, despacho judicial 21

Total, horas de confort en piso seis arrojó un rango entre 78 y: 83%

Simulación horaria lunes 7 de octubre – Caso base vs estrategia Renovación

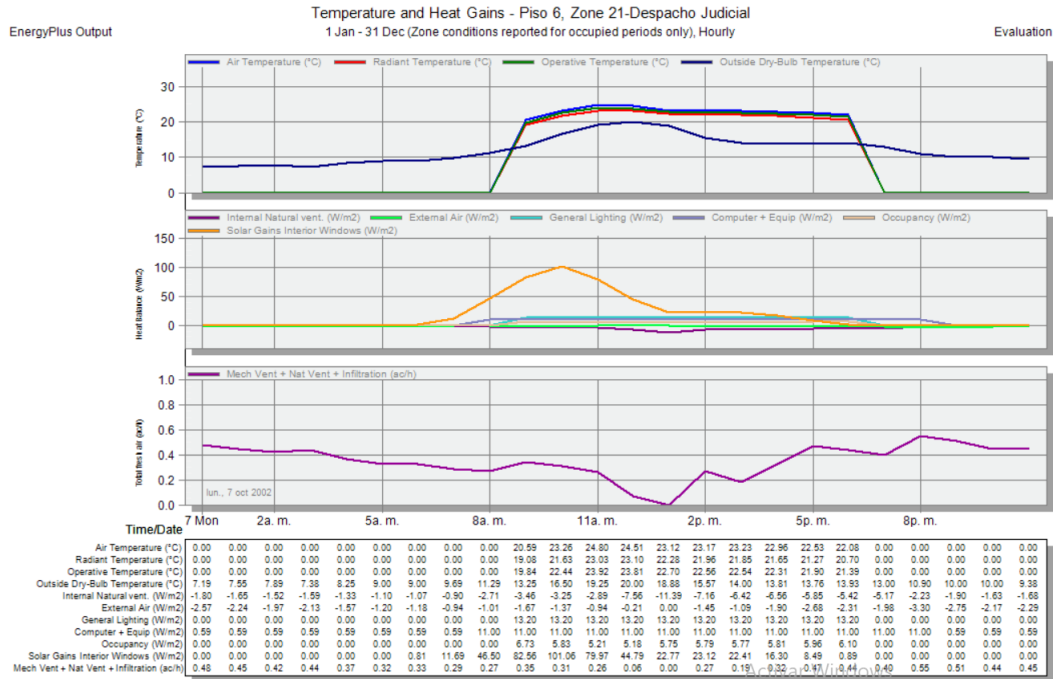


Ilustración 73. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Caso base, Despacho 21 Piso 6.

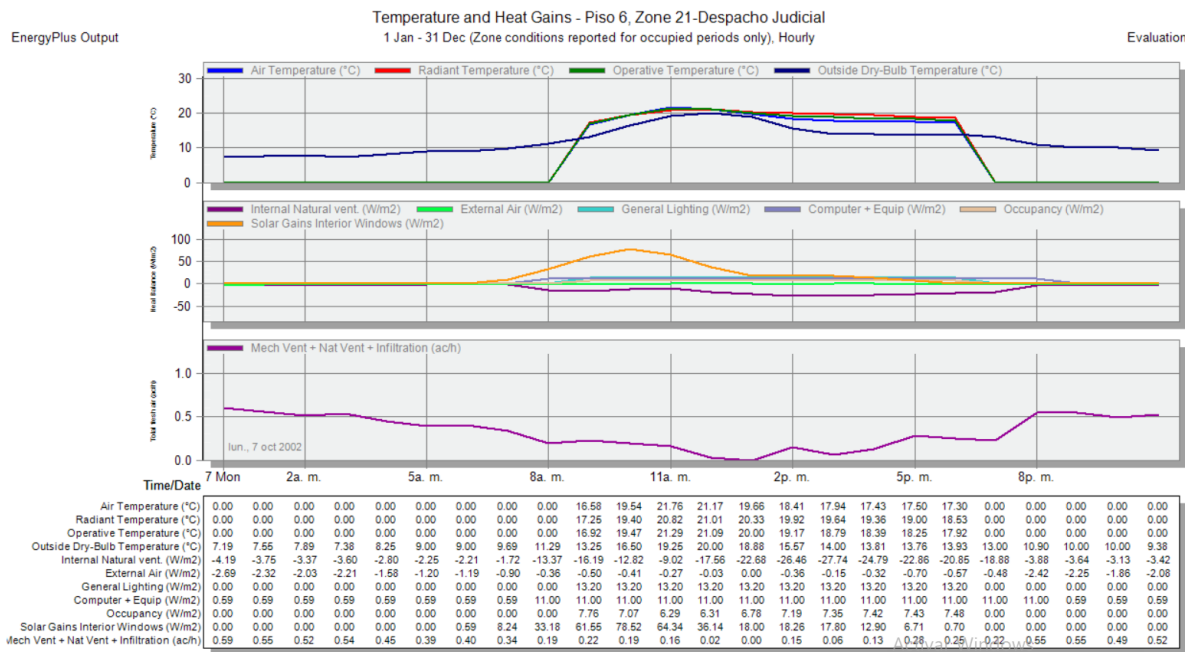


Ilustración 74. Simulación horaria (lunes 7 de octubre, Estrategia ventilación Despacho 21 Piso 6.

Comparativo Horario (lunes 7 de octubre) Línea base vs estrategia Renovación		
Condición	Temperatura Operativa (°C)	AC/H
Línea base	23.34	0.25
Estrategia renovación	20.13	0.14

Ilustración 75. Comparativo horario, Línea base vs estrategia de renovación - lunes 7 de octubre

Los resultados de comparación arrojan mayor temperatura operativa y ac/h para el caso base en el día indicado (lunes 7 de octubre – Día de semana extrema de invierno), sin embargo, estas condiciones no son representativas respecto al total del promedio anual de horas de confort y de renovaciones, debido a que objetivo es garantizar un promedio anual de horas de confort y no un día específico. Aunque la línea base presenta mayor temperatura operativa, la estrategia de renovación se encuentra en el rango de temperatura de confort (18.3°C a 25.3°C para el 80% y 19.3°C a 24.3°C para el 90%).

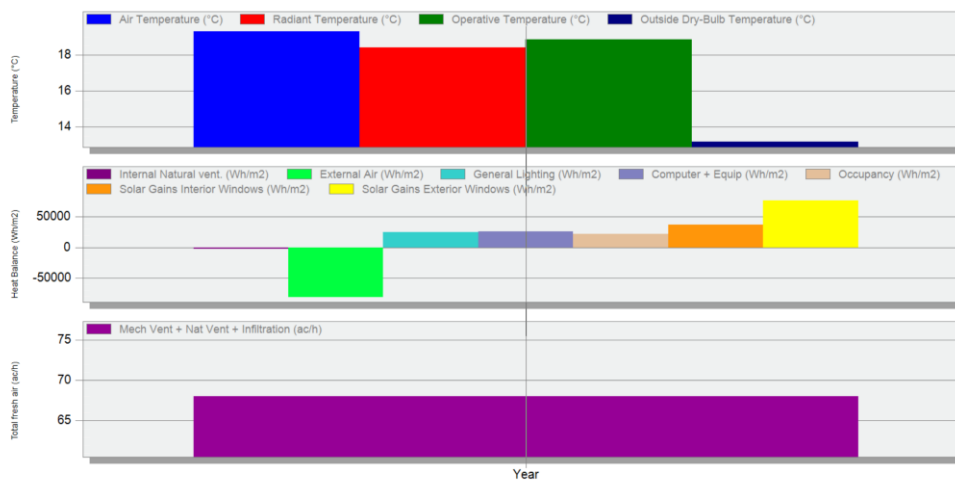
Mejoramiento de prestaciones térmicas de cristales – Película (Estrategia dos)

La estrategia se basa en la implementación de una película de control solar térmico sobre los cristales de la primera piel actualmente instalada y la cubierta en vidrio en el plano horizontal de remate superior del efecto stack. La estrategia está encaminada en mejoramiento de prestaciones térmicas como valor “U”, SHGC y LT. Se muestran los resultados tanto para el piso seis como para el despacho judicial No 21 siendo este último el de mayor relevancia de análisis.

19.29
EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - Piso 6
1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual

Evaluatic



Air Temperature (°C)	19.29
Radiant Temperature (°C)	18.42
Operative Temperature (°C)	18.86
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.19
Internal Natural vent. (Wh/m2)	-2198.78
External Air (Wh/m2)	-81381.48
General Lighting (Wh/m2)	25131.17
Computer + Equip (Wh/m2)	26344.27
Occupancy (Wh/m2)	22376.43
Solar Gains Interior Windows (Wh/m2)	36904.35
Solar Gains Exterior Windows (Wh/m2)	76618.45
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	68.03

Year

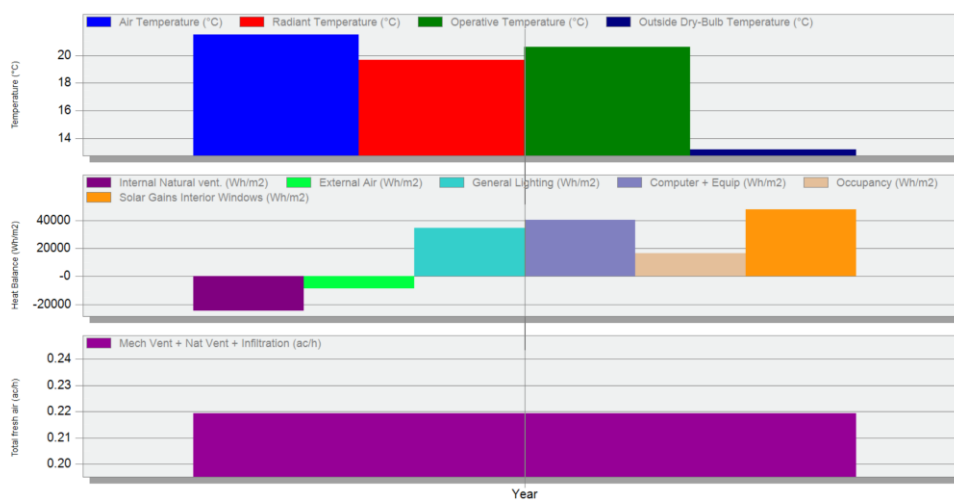
Ilustración 76. Simulación anual estrategia película – Piso sexto. Fuente: Elaboración propia

Total, horas de confort en piso seis arrojó un rango entre 68 y 73%

21.01
EnergyPlus Output

Temperature and Heat Gains - Piso 6, Zone 21-Despacho Judicial
1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual

Evaluatio



Air Temperature (°C)	21.51
Radiant Temperature (°C)	19.68
Operative Temperature (°C)	20.60
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.19
Internal Natural vent. (Wh/m2)	-24727.39
External Air (Wh/m2)	-8645.95
General Lighting (Wh/m2)	34452.00
Computer + Equip (Wh/m2)	40507.46
Occupancy (Wh/m2)	16474.31
Solar Gains Interior Windows (Wh/m2)	47978.14
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.22

Ilustración 77. Simulación anual estrategia película – Piso sexto, despacho judicial 21.

Fuente: Elaboración propia

Total, horas de confort en piso seis despacho 21 arrojó un rango entre 91 y 96%

Simulación horaria lunes 7 de octubre – Caso base vs estrategia película Film

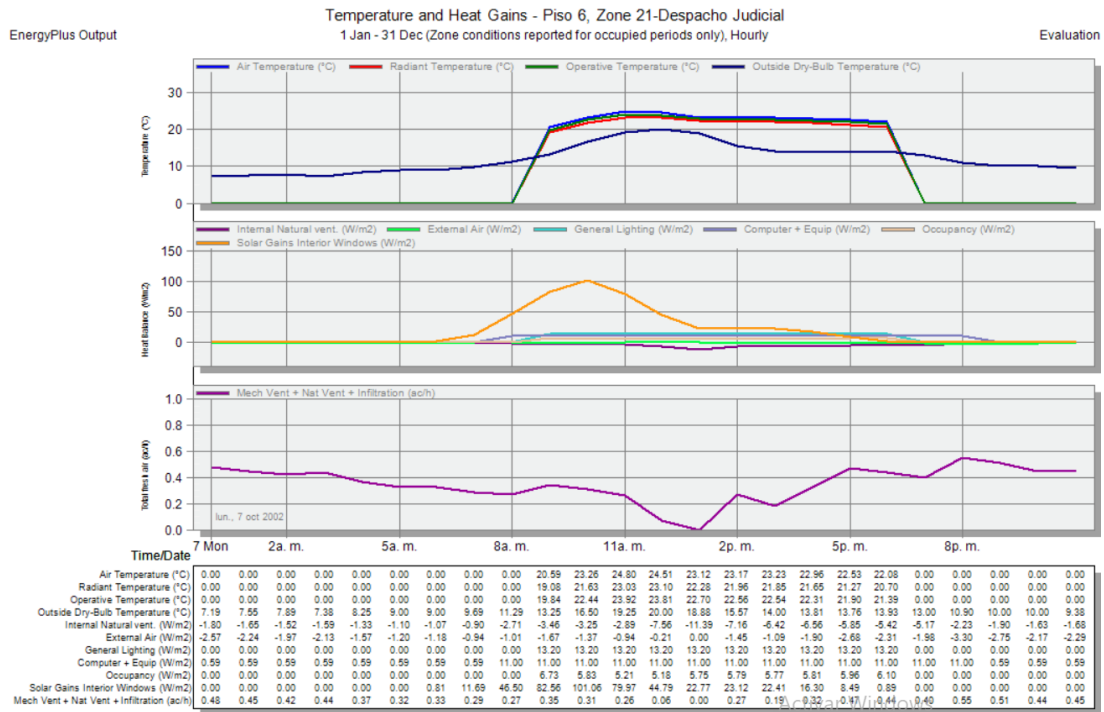


Ilustración 78. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), línea base, Despacho 21 Piso 6.

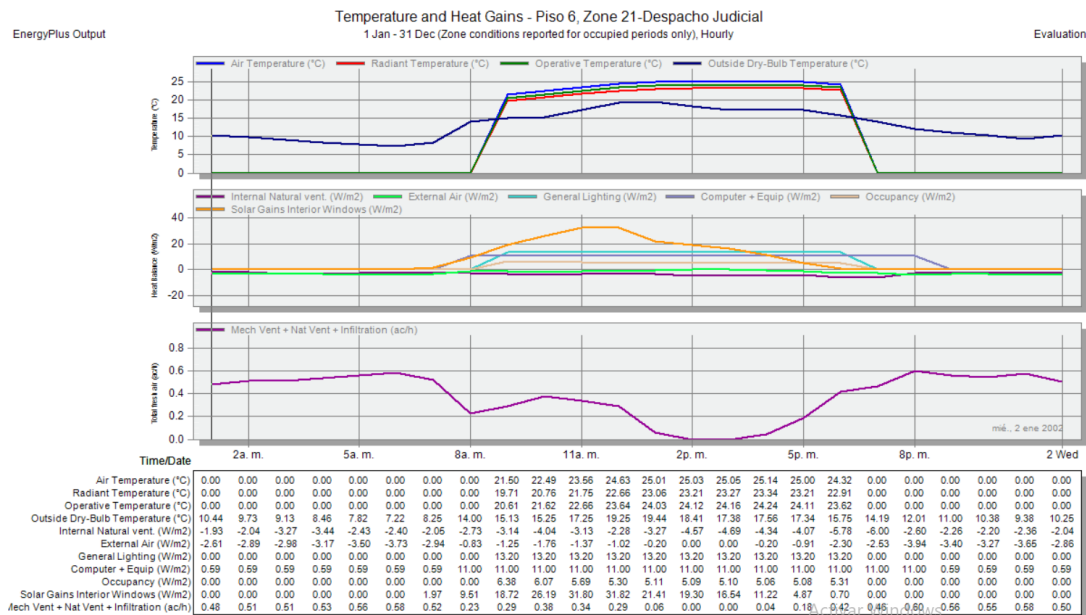


Ilustración 79. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Estrategia Película Film, Despacho 21 Piso 6.

Comparativo Horario (lunes 7 de octubre) Línea base vs estrategia Película Film		
Condición	Temperatura Operativa (°C)	AC/H
Línea base	23.34	0.25
Estrategia Película film	23.28	0.20

Tabla 9. Comparativo horario, Línea base vs estrategia Película Film - lunes 7 de octubre

Los resultados de comparación arrojan mayor temperatura operativa y ac/h para la línea base en el día indicado (lunes 7 de octubre – Día de semana extrema de invierno), sin embargo, estas condiciones no son representativas respecto al total del promedio anual de horas de confort y de renovaciones, debido a que el objetivo es garantizar un promedio anual de horas de confort y no un día específico. Aunque la línea base presenta mayor temperatura operativa, la estrategia de renovación se encuentra en el rango de temperatura de confort (18.3 a 25.3 para el 80% y 19.3 a 24.3%).

Control de transmitancia en cubierta (Estrategia tres)



Ilustración 80. Cubierta como estrategia de mayor inercia térmica - Piso sexto. Fuente:

Elaboración propia

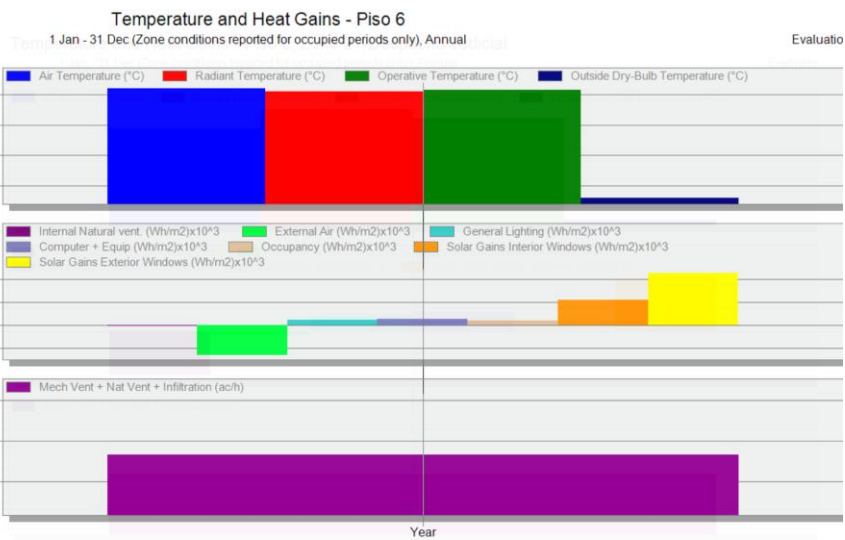
Name		Cubierta plana del proyecto CAN (ESTRATEGIA)	
Source			
Category		Roofs	
Region		COLOMBIA	
Definition			
Definition method		1-Layers	
Calculation Settings			
Layers			
Number of layers		8	
Outermost layer			
Material		Gravel	
Thickness (m)		0.0250	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 2			
Material		Earth, common	
Thickness (m)		0.0200	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 3			
Material		Polyamide (nylon)	
Thickness (m)		0.0250	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 4			
Material		Mortar	
Thickness (m)		0.0200	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 5			
Material		Polyamide (nylon)	
Thickness (m)		0.0250	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 6			
Material		Cast Concrete	
Thickness (m)		0.0130	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Layer 7			
Material		Air gap 25mm (downwards)	
Thickness (not used in thermal calcs) (m)		0.2100	
Innermost layer			
Material		Gypsum Plasterboard	
Thickness (m)		0.0130	
Bridged?		<input type="checkbox"/>	
Inner surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)		4.460	
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)		5.540	
Surface resistance (m ² -K/W)		0.100	
Outer surface			
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)		19.870	
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)		5.130	
Surface resistance (m ² -K/W)		0.040	
No Bridging			
U-Value surface to surface (W/m ² -K)		1.782	
R-Value (m ² -K/W)		0.701	
U-Value (W/m²-K)		1.426	
With Bridging (BS EN ISO 6946)			
Thickness (m)		0.3510	
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)		11.7000	
Upper resistance limit (m ² -K/W)		0.701	
Lower resistance limit (m ² -K/W)		0.701	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)		1.782	
R-Value (m ² -K/W)		0.701	
U-Value (W/m²-K)		1.426	

Ilustración 81. Capas de materiales en estrategia Cubierta y valores "U". Fuente:

Elaboración propia

La estrategia se basa en la implementación de dos capas adicionales respecto al sistema actual en cubierta para mitigar el efecto de mayores temperaturas existentes en el piso 6 y específicamente en el despacho 21. La estrategia implementa una capa de tierra de 5cm y sobre esta otra capa de grava de una pulgada de diámetro. Se busca el menor impacto en afectación a la estructura instalada toda vez que las aprobaciones presupuestales son limitadas por ser una edificación existente y de sector público. Los registros arrojan que se logran condiciones de confort para el 83% de las horas ocupadas del piso 6 y del 85% para el despacho judicial 21. Cabe destacar que, si bien se logra la temperatura operativa ideal, los porcentajes de renovación son bajos. Se muestran los resultados tanto para el piso seis como para una de sus oficinas -Despacho judicial No 21.

20.41
EnergyPlus Output
EnergyPlus Output



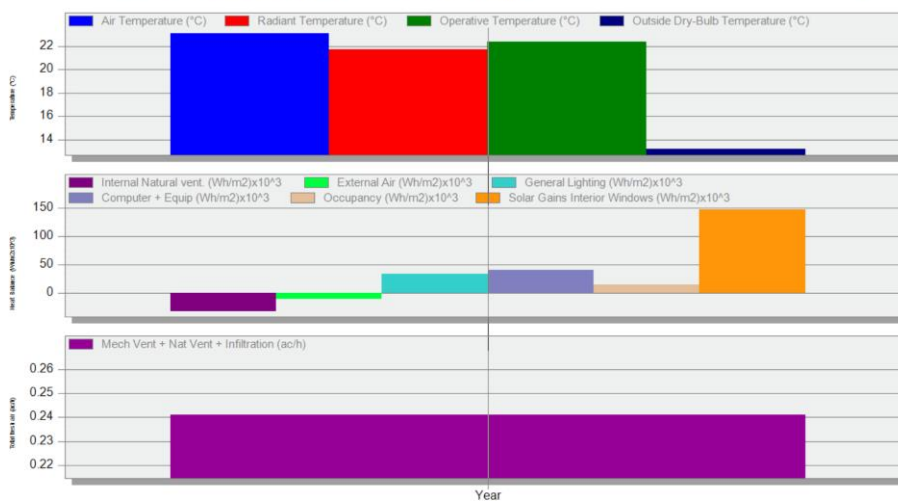
Air Temperature (°C)	20.41
Radiant Temperature (°C)	20.18
Operative Temperature (°C)	20.30
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.19
Internal Natural vent. (Wh/m²)x10³	-4.04
External Air (Wh/m²)x10³	-128.87
General Lighting (Wh/m²)x10³	25.13
Computer + Equip (Wh/m²)x10³	26.34
Occupancy (Wh/m²)x10³	20.90
Solar Gains Interior Windows (Wh/m²)x10³	110.90
Solar Gains Exterior Windows (Wh/m²)x10³	226.88
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	68.33

Ilustración 82. Simulación anual estrategia transmitancia en cubierta – Piso sexto. Fuente:

Elaboración propia

Total, horas de confort en piso arrojó un rango entre 78 y 83%

Temperature and Heat Gains - Piso 6, Zone 21-Despacho Judicial
1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods only), Annual



Air Temperature (°C)	23.12
Radiant Temperature (°C)	21.74
Operative Temperature (°C)	22.43
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	13.19
Internal Natural vent. (Wh/m ²)x10 ³	-31.83
External Air (Wh/m ²)x10 ³	-10.16
General Lighting (Wh/m ²)x10 ³	34.45
Computer + Equip (Wh/m ²)x10 ³	40.51
Occupancy (Wh/m ²)x10 ³	15.01
Solar Gains Interior Windows (Wh/m ²)x10 ³	146.67
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.24

Ilustración 83. Simulación anual estrategia transmitancia en cubierta – Piso sexto, despacho judicial 21. Fuente: Elaboración propia

Total, horas de confort en piso 6 despacho judicial 21 arrojó un rango entre 80 y 85%

Simulación horaria lunes 7 de octubre – Caso base vs estrategia Cubierta

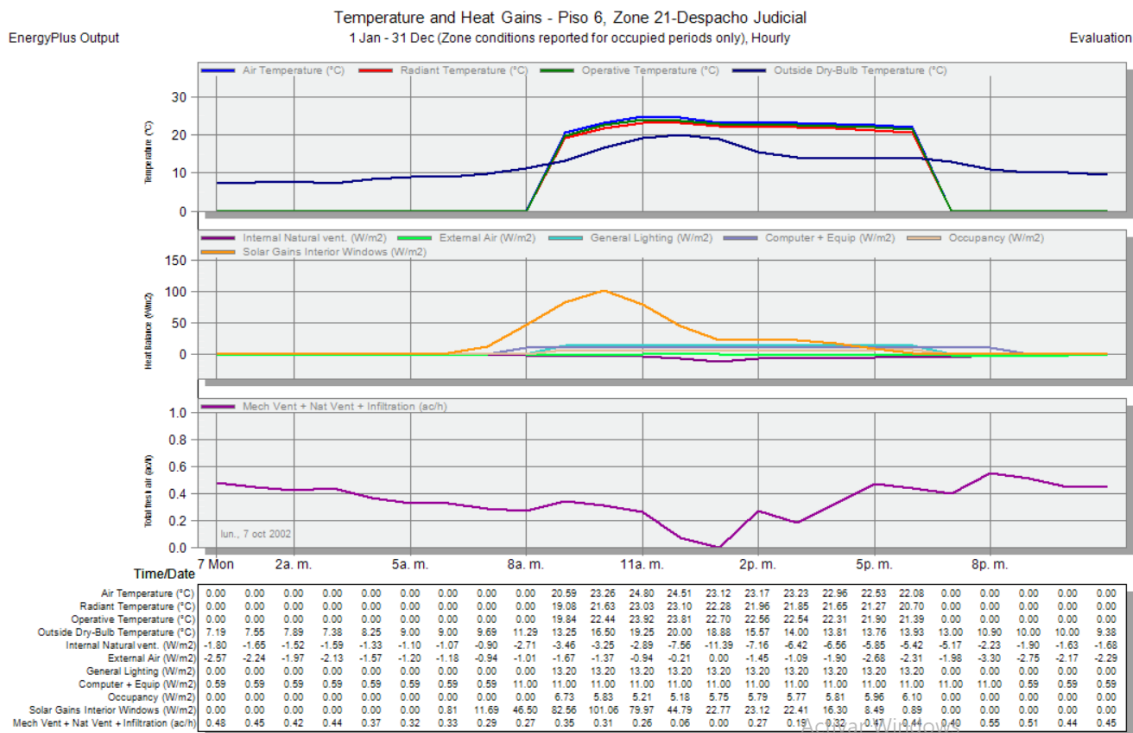


Ilustración 84. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), línea base, Despacho 21 Piso 6

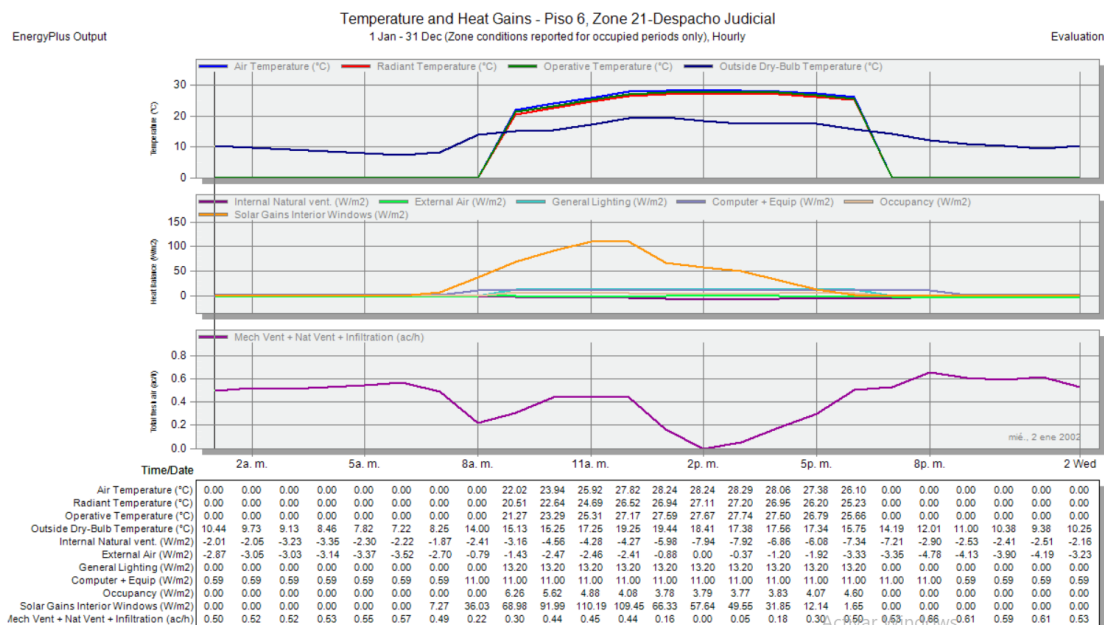


Ilustración 85. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Estrategia Cubierta, Despacho 21 Piso 6.

Comparativo Horario (lunes 7 de octubre) Línea base vs estrategia Cubierta		
Condición	Temperatura Operativa (°C)	AC/H
Línea base	23.34	0.25
Estrategia Cubierta	25.99	0.28

Tabla 10. Comparativo horario, Línea base vs Cubierta - lunes 7 de octubre

Los resultados de comparación arrojan menor temperatura operativa y mayores ac/h para la línea base en el día indicado (lunes 7 de octubre – Día de semana extrema de invierno), sin embargo, estas condiciones no son representativas respecto al total del promedio anual de horas de confort y de renovaciones, debido a que el objetivo es garantizar un promedio anual de horas de confort y no un día específico. La estrategia de Cubierta no se encuentra en los rangos de confort y confort adaptativo (18.3 a 25.3 para el 80% y 19.3 a 24.3%).

Tabla resumen comportamiento promedio anual de la línea base

Despacho judicial 21 piso 6	Temperatura operativa °C	% Max. Horas en confort	# Horas en confort	# Horas en disconfort	AC/H cambios de aire/hora
Línea base	23,67	75 - 80	1986	494	0.29

Tabla 11. Tabla Resumen comportamiento anual Línea base Despacho 21 piso

Tabla resumen comportamiento promedio anual de estrategias implementadas

Estrategia en despacho judicial 21 piso 6	Temperatura operativa °C	% Max. Horas en confort	# Horas en confort	# Horas en disconfort	AC/H cambios de aire/hora
Renovación (rejillas+termosifón)	19.96	83	2063	417	0.28

Película Film	20.60	96	2396	84	0.22
Cubierta	22.43	85	2128	352	0.24

Tabla 12. Tabla Resumen comportamiento anual de estrategias Despacho 21 piso 6.

Cálculo ratas mínimas de ventilación en zonas de respiración - tabla 6,1 ashrae 62,1									
EDIFICIO CAN - JUZGADOS	Piso	SISTEMA METRICO		NORMA.					
		AREA m2	ALTURA PISO	VOLUMEN m3	l/s*Persona	l/s * m2	Its espacio sumatoria.	m3/h	ASHRAE ACH
Despacho 21	p-6	68.58	2.50	171.5	2.5	0.3	192.02	480.1	2.8

Tabla 13. Tabla de renovaciones de aire requeridas para el despacho 21 piso 6

De acuerdo con las anteriores tablas, la propuesta que arrojo mejores porcentajes de horas de confort anual es la estrategia Película Film, sin embargo, presenta ac/h bajos. La estrategia de renovación arrojo el porcentaje más desfavorable de horas de confort. La estrategia que arrojo porcentajes intermedios de horas de confort es la de cubierta, sin embargo, esta última también mantiene un valor intermedio en el valor de ac/h o cambios de aire por hora.

Conclusiones

-La orientación de la edificación, la incidencia solar, la materialidad de la envolvente, la temperatura, la humedad, la renovación de aire, la iluminación, la edad, el metabolismo, la vestimenta y las condiciones activas, son las variables que determinan el confort en la edificación institucional pública que garantizan el nivel de satisfacción de los usuarios especialmente los residentes o trabajadores frecuentes.

-La implementación de estrategias como el efecto stack deben ser simuladas y comprobadas en software que garanticen las condiciones reales de funcionamiento y no solo como una estrategia construida desde suposiciones teóricas no comprobadas ya que en la operación de la edificación controlar la temperatura operativa dependerán de la exactitud del análisis de las condiciones locales y condiciones puntuales como es el caso del análisis de predominancia de los vientos además del análisis de la materialidad de la primera y segunda piel del efecto stack, su distanciamiento y altura.

-La falta de ventilación cruzada en una edificación que presenta un efecto stack con errores de diseño y construcción, afecta directamente las renovaciones de aire al interior de los espacios normalmente ocupados.

-Una relación alta de vidrios respecto a muros en este caso de estudio de edificación institucional, mayor será las ganancias y pérdidas de energía al tener cristales de bajas prestaciones térmicas.

-Las estrategias propuestas, permitieron lograr que la edificación institucional pueda lograr condiciones de confort térmico, (siendo el enfoque de esta investigación) siempre que se cumplan estas especificaciones o condiciones de operación de basculantes, rejillas,

cristales y aislamientos térmicos de las estrategias, los cuales se basaron en simular de manera predictiva condiciones reales a través del método científico y con la aplicación de análisis del sitio, registro de mediciones, revisión de escenarios de cambio climático, diagnóstico de criticidad, estrategias, medición y verificación.

-Las estrategias propuestas si bien cumplen el requerimiento de confort térmico respecto a horas de confort según estándar Ashrae, las renovaciones son bajas con relación a las ratas de ventilación requeridas en la tabla 6-1 (Ratas mínimas de ventilación en zonas de respiración). Cabe indicar que, aunque Colombia no tiene requerimientos específicos respecto a ventilación natural, se busca cumplir los mandatorios del estándar Ashrae.

-Las razones por las cuales se cumple con horas de confort térmico y no se logran cumplir las renovaciones, obedece a las condiciones existentes de la edificación respecto a la orientación, la materialidad de primera y según piel, la relación ventana a pared de 100%, las puertas de vidrio existentes en corredores que obstruyen el paso del aire por razones de seguridad, a la errónea implementación del sistema del efecto stack, la falta de ventilación cruzada. Cabe indicar que se podría lograr cumplir las renovaciones de aire junto con los porcentajes de horas de confort siempre que se permita la modificación de los anteriores elementos de la arquitectura y construcción existentes, sin embargo, es inviable al ser una edificación de uso público y con limitantes presupuestales.

-Al ser una edificación con uso de juzgados y entidades públicas con altos niveles de seguridad, en aquellos espacios donde no se cumple con las ratas mínimas de ventilación, se requiere implementar sistemas de ventilación asistida o mecánica.

-La temperatura operativa promedio anual cuando se encuentra al límite inferior y superior del rango de confort o confort adaptativo, mayor será el porcentaje de horas de discomfort.

-Las tres estrategias representan mejoras respecto a la línea base de ocupación al 100%, sin embargo, la mejor estrategia a implementar es la película film al registrar el mejor porcentaje de horas anuales de confort en horas ocupadas.

-Se concluye que las costumbres humanas pueden limitar el confort en un espacio típico de áreas institucionales o de oficinas derivadas de las necesidades humanas y sus condiciones antrópicas tal como se evidencio en las mediciones del despacho 21 del piso 6, anexas a este documento.

-El cambio climático representa una variable para toma de decisión en el análisis bioclimático de esta edificación. La línea base está en un promedio entre el cumplimiento y el incumplimiento (rango entre el 75 y el 80% de horas de confort) , es decir que, al aplicar los cambios de temperatura en aumento en este caso de estudio, se concluye que el edificio en el piso seis se encuentra fuera de las condiciones de confort adaptativo y debe ponerse a punto.

Otras conclusiones

-La condición del discomfort en edificaciones públicas institucionales representan la mayor problemática en edificios que posterior a dos o tres años de entrar en operación presentan cambios en sus programas de diseño, cambios en el uso, cambios en la costumbre de operar y administrar el edificio y sobre todo por la falta de implementación inversión por los administradores o firmas operadoras de los edificios públicos.

- La edificación de uso institucional de carácter público debe ser analizada anualmente por medio de preguntas puntuales, encuestas, mediciones, simulaciones térmicas dinámicas y estudio y diseños bioclimáticos los cuales logran poner a punto la edificación independientemente del tiempo transcurrido de entrada en operación.

-Las certificaciones ambientales no necesariamente representan una garantía en el confort de una edificación institucional durante su etapa de operación debido a que no hay una exigencia pública anual de medición y verificación de las condiciones pasivas bioclimáticas y estrategias de sostenibilidad.

El aumento de la población en Colombia, y las necesidades humanas, han demandado incremento en los puestos de trabajo en las edificaciones institucionales generando nuevas densidades de recurso humano las cuales demandan espacios que garanticen condiciones de confort.

-El cambio climático, aunque a hoy no representa el mayor de discomfort en la edificación pública, representa una variable indispensable para los ajustar la Edificación con materiales que incluyan cambio de fase.

-La implementación de estudios y diseños sostenibles en edificaciones con uso institucional públicos, pueden garantizar franjas o rangos de confort aceptables según el requerimiento normativo de la resolución 0549 de 2015 y el mandatorio estándar Ashrae 55 y 62.1.

-No es favorable la utilización del efecto stack en Bogotá en edificios de oficinas entre la primera y segunda piel expuesta al naciente y poniente con espaciamiento de 1.20 mts y

con especificación de cristal incoloro tradicional de valores “U” de 5 o superior y con implementación de cubierta en vidrio transparente incoloro.

-Se concluye que para esta y otras edificaciones similares en localización, orientación, cargas activas y pasivas, es favorable mantener la envolvente con porcentajes de relación ventana a pared de máximo un 30% según recomendaciones de Green Building Certificación Intitute para estos usos, latitudes y localización geográfica o en su defecto cristales con prestaciones altas prestaciones de control de temperatura, iluminación y SHGC.

Dificultades y barreras encontradas

Dentro de las dificultades más relevantes, se encuentran las siguientes y se citan por escenarios:

Cultura del trabajador en aplicación del confort

Si bien todos tenemos una percepción diferente por condiciones de metabolismo, edad, sexo, alimentación, etnia, entre otras, generalizar y aplicar costumbres propias de sensación de confort térmico es erróneo hasta que no sea un practica medida contrala y supervisada por entes, infraestructura y normas que conformen y garanticen las condiciones de confort.

Costumbre los residentes en la edificación

En algunos espacios del piso sexto se pudo evidenciar que los despachos cuenta con una capacidad para seis trabajadores, sin embargo, esta condición genera otras dificultades asociadas con la cercanía y frecuencias suministro de café, preparación de bebidas y

alimentos calientes los cuales al no tener cercanía ni una frecuencia esperada por los empleados, se implementan cafeteras y hornos microondas que alteran el control de la temperatura de confort al interior no solamente de los espacios si no de la estabilidad climática que se disipan por la generalidad del piso sexto.

Limitación del conocimiento del lugar por parte de software

Si bien los softwares de generación de información climática y de estrategias bioclimáticas son acertadas en la mayor parte del mundo, especialmente en países con estaciones, existen todavía incoherencias en los datos arrojado aplicables en climas tropicales fríos debido a que Bogotá es una caso único en el mundo y aunque su aplicación de norma internacional registra el cumplimiento de un estándar o norma internacional, no necesariamente cumplen las sensaciones y condiciones de confort del promedio de las personas nativas o incluso personas adaptadas al clima de esta latitud.

Continuidad o ingresos a diferentes zonas de la edificación y suspicacia

Si bien los administradores y jefes de operación y mantenimiento de las edificaciones mantienen el interés por la mejora continua en la parte técnica de las edificaciones y mediciones de calidad laboral de los funcionarios desde la infraestructura física, las condiciones de paros, problemática social, de seguridad nacional de Colombia y el nivel de jerarquías de los espacios de trabajo de los funcionarios, generan interrupción en la continuidad o limitación en toma de registros para la evaluación específica, limitando la calidad y confiabilidad del estudio.

Al evidenciar equipos de medición especializados en los despachos judiciales o salas de audiencias, existe suspicacia temor, rechazo e intimidación por parte de los trabajadores al

considerar la posibilidad de mediciones con fines distintos a una medición bioclimática derivado del carácter y vocación de la edificación y de la formación profesional de las personas que habitan con frecuencia en el edificio.

Condición socio económica de los funcionarios – condición de confort

El promedio de los funcionarios de la edificación es de profesionales graduados en derecho, ciencias políticas, o juristas, sin embargo, existen un estatus y condición socioeconómica marcada al pertenecer a sectores económicos de mayores oportunidades de adquisición.

Esta condición viene presentando perfiles de personas que destinan gran parte de sus ingresos a mejorar su salud, imagen y metabolismo, sin embargo, esto también tiene relación directa con la alimentación y control de calorías, condición que repercute en la carga calórica y sensación térmica en personas relativamente jóvenes o adultos jóvenes, esto implica modificar el rango de confort a temperatura más elevadas de los promedios, pero con necesidad de sensación de movimiento de aire casi nulo. Esta condición, aunque genera un parecer de baja importancia, representa una diferenciación en las necesidades térmicas y de confort en nuevas generaciones y nuevas costumbres de uso en los Edificación.

Problemas de salud pública por pandemia

Debido al momento coyuntural a nivel mundial a causa del virus SARS 2 Covid 19, se requiere garantizar mayores distanciamientos, menores ocupaciones y densidades de personas en todo tipo de uso al interior de una edificación, sin embargo, Colombia

mantienen una de las normas más densas en ocupaciones lo que dificulta mantener la condición de salubridad en los escenarios postpandemia.

Derivado de la afectación por contagio, se deben garantizar renovaciones de aire al interior de los espacios lo cual necesariamente implica corrientes de aire al interior de las áreas administrativas o de uso de oficina, sin embargo, el común de las personas no está dispuestas a sentir fricción del movimiento del aire leve y existe la preferencia de mantener temperatura de confort sin percepción de aire en movimiento en la generalidad del tiempo de trabajo. Esta condición podría evidenciar una ambigüedad en las normas técnicas y que no necesariamente puede ser considerada como una condición normal o incluso una exclusión.

Pareciera ser más común definir el confort para la gente con una temperatura con cero renovaciones que una temperatura de confort con renovaciones leves pero que requieran mantener una ruana o cobija en las piernas y rodillas de los funcionarios aun siendo la condición ideal para la norma (Temperatura y renovación). Esta condición pareciera ser la manera adecuada de cómo se debe usar la edificación en algunas localizaciones en Bogotá.

Uso y manejo del software

Debido a la dificultad por el alto costo del software, se hace necesario la utilización de versiones de prueba o versiones diferentes que, aunque mantienen la generalidad de las opciones del programa no se les puede cargar o ingresar información asociada un número mayor de 50 zonas, esto imposibilita evaluar integralmente proyectos grandes y de alta complejidad como este caso de estudio.

Mediciones en sitio

Baja posibilidad de disponibilidad de equipos de medición certificados por estándares internacionales en el mercado.

Factores externos no contemplados como la condición de curiosidad, falta de compromiso y conocimiento por el personal o trabajadores de las edificaciones, lo cual evidencio la constante manipulación de los aparatos lo cual genera en algunos casos desconexión, movimiento y afectación en la toma de datos de registros de variables bioclimáticas.

La regulación eléctrica inestable de los edificios genera sobre voltajes que provocan apagones y sobretensiones en los diferentes medidores o sondas conectadas a la estación bioclimática lo que genera discontinuidad y limitación en promedios de los registros.

Requerimientos de medición continua en por lo menos un año típico que represente los registros en las temporadas de calor, de frío, de vientos, de alta humedad entre otros son indispensables para definir las condiciones más específicas en la aplicabilidad de soluciones y estrategias bioclimáticas en las edificaciones.

Falta de experiencia profesional en la evaluación de problemáticas

Entender la bioclimática desde variables de profesionalidad de alta competencia requiere experticia en este tipo de edificaciones de gran tamaño, si bien genera el entorno propicio del conocimiento, genera la constante necesidad de disponibilidad de tiempo para el entendimiento, constancia, continuidad y entrega en análisis de información y medición.

Referencias bibliográficas

- 55, A. S. (2010). Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy. Atlanta, GA, Estados Unidos.
- Abdallah, M., Clevenger, C., & Golparvar-Fard, M. (2015). Developing a Thermal Comfort Report Card for Building. *ELSEVIER*, 675-682.
- ADAI, L. (2017). Energy efficiency and thermal performance of lightweight steel-framed (LSF) construction: a review. *ADAI, LAETA*, 52.
- Annebicque, D., Robert, B., Francois, J., Randrianalisoa, J., & Popa, C. (2016). A Multidisciplinary Approach to Improve Energetic Performance in Smart Buildings. *ELSEVIER*, 313-317.

- Committee, S. S. (2007). ASHRAE Standar 62.2-2007. Atlanta, Estados Unidos.
- CONPES. (15 de 9 de 2017). Política Nacional de Edificaciones Sostenibles. Bogota, Colombia.
- Consejo Nacional de Investigaciones. (Septiembre de 2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: Potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. Porto Alegre, Argentina.
- De Dear, R., & Schiller Brager, G. (2001). The adaptive model of thermal comfort and energy conservation . *Int J Biometeorol*, 108.
- Fabbri, K. (2018). *Indoor Microclimate* (Vol. 2). Bologna, Italy.
- Garcia, A., Olivieri, F., Larrumbide, E., & Ávila, P. (2019). Thermal Confort assessment in naturally ventilated offices located in a cold tropical climate, Bogota. *ELSEVIER*, 237-247.
- Höppe, P., & Martinac, I. (26 de Noviembre de 1998). Indoor climate and air quality Review of current and future topics in the field of ISB study group 10. 1-7.
- IDEAM, P. M. (2015). *Nuevos Escenarios de cambio climatico 2011 - 2100*. Bogota.
- Instituto de la Construcción. (2012). *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos*. Santiago de Chile.
- LAGOS BAYONA, F. J. (Octubre de 2017). “Evaluación de la resolución 0549 del 10 de julio de 2015 en la edificación y las consideraciones ausentes para un diseño y construcción sostenible”. Bogota, Cundinamarca, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (10 de Julio de 2015). Resolución 549 de 2015. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Piraccini, S., & Fabbri, K. (2018). *Building Physics and Thermophysical Performance* (Vol. 6). Bologna, Italia: Springer International Publishing AG.
- Reilly, A., & Kinnane, O. (2017). The impact of thermal mass on building energy consumption. *ELSEVIER*, 108-121.
- Rodriguez Poveda, C. A. (10 de Octubre de 2019). Optimización de tiempos de modelación en Desingbuilder a través del software Revit aplicado a un edificio de gran altura, caso de estudio: Edificio C Nuevo Cad. Bogota, Cundinamarca, Colombia.
- Taylor and Francis. (2006). *HUMAN THERMANL ENVIRONMENTS* (Vol. Second Edition). (T. & e-Library, Ed.) Estaods Unidos y Canada: Taylos and Francis Group.
- Union Europea. (2017). *PROGRAMA INTERNACIONAL DE COOPERACION URBANA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (IUC-LAC)*. Obtenido de <https://iuc-la.eu/>.
- Union Europea. (2019). *El futuro de nuestras ciudades*. Paises Latinoamerica y el Caribe.
- Verbeke, S., & Audenaert, A. (2017). Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. *ELSEVIER*, 2318.

Viot, H., Sempey, A., Mora, L., Batsale, J., & Malvestio, J. (2018). Model predictive control of a thermally activated building system to improve energy management of an experimental building: Part I—Modeling and measurements. *ELSEVIER*, 103.

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Metodología de investigación - Edificio Institucional. Fuente: Elaboración propia...	20
Ilustración 2. Lugares de investigación Bioclimática. Fuente: Elaboración propia	21
Ilustración 3. Fachada norte-Envolvente-Materialidad. Edificio Aydeé Anzola-Bogotá. Fuente: Elaboración propia	23
Ilustración 4. Mediciones de Temperatura en sitio pisos 2, 4 y 6 al 30% de ocupación	26
Ilustración 5. Ubicación de Datalogger en pisos dos, cuatro y seis. Elaboración propia	27
Ilustración 6. Registro de niveles de iluminación al interior del despacho central del piso 6. Elaboración propia	28
Ilustración 7. Registro de elementos ferrosos y no ferrosos al interior del despacho central del piso 6. Elaboración propia	29
Ilustración 8. Mediciones de radiación al interior del despacho central del piso seis. Elaboración propia.....	30
Ilustración 9. Mediciones de ventilación al interior del despacho central del piso seis. Elaboración propia.....	31
Ilustración 10. Medición de temperatura superficial de materiales (piso, muro, ventana y techo). Elaboración propia.	32
Ilustración 11. Termografías al interior del despacho central del piso seis. Elaboración propia	34
Ilustración 12. Termografías al interior de la escalera y cubierta de escalera central tomada desde el piso 6. Elaboración propia.....	35
Ilustración 13. Termografías tomadas a las fachadas de mayor longitud y cubierta. Fuente: Elaboración propia	38
Ilustración 14. Termografías en corredores efecto Stack. Fuente: Elaboración propia.....	39
Ilustración 15. Altura sobre el Nivel del mar. Fuente: Elaboración propia en apoyo de Topographic	41
Ilustración 16. Relación estaciones meteorológicas cercanas. Fuente: IDEAM	42
Ilustración 17. Temperatura mínima. Fuente: Meteonorm.....	44
Ilustración 18. Temperatura máxima. Fuente: Meteonorm	44
Ilustración 19. Temperatura Promedio. Fuente: Meteonorm	45
Ilustración 20. Humedad relativa horaria diaria y horaria anual. Fuente: Meteonorm	46
Ilustración 21. Rosa de los vientos de Bogotá. Fuente: IDEAM.....	46
Ilustración 22. Velocidad de vientos - Sopo. METEONORM.....	47
Ilustración 23. Dirección predominante del Viento, Bogotá. Fuente: Meteonorm	47
Ilustración 24. Rangos de velocidad de vientos para Bogotá. Fuente: Climate Consultant- Elaboración Propia.....	48
Ilustración 25. Vientos incidentes en la edificación. Fuente: Elaboración propia en colaboración de Googleearth.....	49
Ilustración 26. Radiación solar. Fuente: Meteonorm weathertools.....	50

Ilustración 27. Radiación solar Bogotá, Cundinamarca. Fuente: IDEAM.....	51
Ilustración 28. Diagrama psicométrico, basado en cuadro psicométrico de Givoni. Fuente: Meteororm weathertools.....	52
Ilustración 29. Trayectoria solar. Fuente: Meteororm weathertools.....	53
Ilustración 30. Trayectoria solar puntual sobre la edificación. Fuente: Elaboración propia a través de Earth Tools.....	54
Ilustración 31. Alturas máximas que alcanza el Sol sobre el horizonte en los solsticios y equinoccios. Fuente: Actividades y Cálculos en los equinoccios y solsticios – Network for astronomy school education.....	55
Ilustración 32. Incidencia solar, 22 diciembre: 8am - 12m - 16pm. Fuente: Elaboración propia a través de Weathertools.....	56
Ilustración 33. Mejor orientación del sitio donde se encuentra el proyecto. Fuente: Meteororm-Weathertools.....	57
Ilustración 34. Nubosidad. Fuente: Meteororm, weathertools.....	58
Ilustración 35. Resumen de datos climáticos de Bogotá. Fuente: Climate Consultant-Elaboración Propia.....	60
Ilustración 36: Zona de confort. Fuente: Estándar Ashrae.....	61
Ilustración 37. Escenarios de cambio climático. Departamento de Cundinamarca.....	62
Ilustración 38. Fuente: Localización Edificio Aydeé Anzola. Elaboración propia.....	65
Ilustración 39. Horarios de ocupación de la edificación. Fuente: Rama Judicial Edificio Aydeé Anzola.....	65
Ilustración 40. Microclima Edificio Aydeé Anzola. Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.....	67
Ilustración 41. Primera y segunda piel de la edificación. Fuente: Elaboración propia.....	68
Ilustración 42. Estratificación térmica-Pieles del edificio. Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 43. Horarios de ocupación de la edificación. Fuente: Rama Judicial Edificio Aydeé Anzola.....	69
Ilustración 44. Schematic overview of heat fluxes to and from a single-room building. Fuente: Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and.....	70
Ilustración 45. Control manual de basculantes por los ocupantes. Fuente: Elaboración Propia.....	71
Ilustración 46. Diagnóstico y criticidad Bioclimática en el edificio. Fuente: Elaboración propia....	73
Ilustración 47. Remate cubierta en cristal con reventilación obstruida.....	75
Ilustración 48. Remate cubierta zona de circulación de estratificación térmica. Fuente: Elaboración propia.....	75
Ilustración 49. Tablas materiales opaca Piso 2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	77
Ilustración 50. Tablas materiales translucidos Piso2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	78
Ilustración 51. Tablas de iluminación Piso 2. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	78
Ilustración 52. Ventilación natural cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	78
Ilustración 53. Ocupación Piso 6 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	79

Ilustración 54. Condición Metabólica y valor CLO en Piso 2 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola	79
Ilustración 55. Archivo Climático de Bogotá. Fuente: Meteonorm, Weathertools, Designbuilder ..	79
Ilustración 56. Simulación anal promedio Piso 2 condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia	80
Ilustración 57. Simulación promedio anual Piso 2 Sala de audiencia zona 19, condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia.	81
Ilustración 58. Iluminación cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola	83
Ilustración 59. Ventilación natural cargada en software. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola	83
Ilustración 60. Ocupación Piso 6 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola	84
Ilustración 61. Condición Metabólica y valor CLO en Piso 6 cargada en software con base en información del edificio Aydeé Anzola	84
Ilustración 62. Archivo Climático de Bogotá. Fuente: Meteonorm, Weathertools, Designbuilder ..	84
Ilustración 63. Simulación promedio anual piso 6 condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia.....	85
Ilustración 64. Simulación promedio anual oficina Despacho judicial Piso 6, zona 21, condiciones existentes. Fuente: Elaboración propia.....	86
Ilustración 65. Simulación promedio anual Piso 6. 30 % de ocupación. Fuente: Elaboración propia	88
Ilustración 66. Simulación oficina despacho judicial Piso 6, zona 21, ocupación al 30%. Fuente: Elaboración Propia	89
Ilustración 67. Diagrama de dispersión- Psychrometric Chart. Fuente: Climate Consultant, Ashrae	91
Ilustración 68. Mejores estrategias-Psychrometric Chart. Fuente: Climate Consultant, Ashrae	91
Ilustración 69. Listado estrategias segun Climate Consultant. Fuente: Fuente: Climate Consultant, Ashrae	92
Ilustración 70. Rejillas interiores, exteriores y termosifón en piso sexto. Fuente: Elaboración propia	95
Ilustración 71. Simulación anual estrategia ventilación cruzada-Piso sexto. Fuente: Elaboración propia.....	96
Ilustración 72. Simulación anual estrategia ventilación cruzada - Piso sexto, despacho judicial 21	97
Ilustración 73. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Caso base, Despacho 21 Piso 6.	98
Ilustración 74. Simulación horaria (lunes 7 de octubre, Estrategia ventilación Despacho 21 Piso 6.	98
Ilustración 75. Comparativo horario, Linea base vs estrategia de renovación - lunes 7 de octubre..	99
Ilustración 76. Simulación anual estrategia película – Piso sexto. Fuente: Elaboración propia	100
Ilustración 77. Simulación anual estrategia película – Piso sexto, despacho judicial 21. Fuente: Elaboración propia	101
Ilustración 78. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), linea base, Despacho 21 Piso 6.	102
Ilustración 79. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Estrategia Película Film, Despacho 21 Piso 6.....	102
Ilustración 81. Cubierta como estrategia de mayor inercia térmica - Piso sexto. Fuente: Elaboración propia.....	103

Ilustración 82. Capas de materiales en estrategia Cubierta y valores "U"). Fuente: Elaboración propia.....	104
Ilustración 83. Simulación anual estrategia transmitancia en cubierta – Piso sexto. Fuente: Elaboración propia	105
Ilustración 84. Simulación anual estrategia transmitancia en cubierta – Piso sexto, despacho judicial 21. Fuente: Elaboración propia	106
Ilustración 85. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), línea base, Despacho 21 Piso 6	107
Ilustración 86. Simulación horaria (lunes 7 de octubre), Estrategia Cubierta, Despacho 21 Piso 6.	107

Lista de tablas

Tabla 1. Mediciones permitidas según administración	26
Tabla 2. Cuadro temperatura IDEAM-METEONORM. Fuente: Elaboración propia	42
Tabla 3. Temperatura media máxima, media y media mínima. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 4. Promedio de temperatura, Bogotá. Fuente: Meteonorm	44
Tabla 5. Humedad. Fuente: IDEAM – METEONORM	45
Tabla 6. Promedios anuales Precipitación IDEAM.....	59
Tabla 7. Tablas materiales opacos Piso 6. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	82
Tabla 8. Tablas materiales translucidos Piso 6. Fuente: Elaboración propia con base en información del edificio Aydeé Anzola.....	83
Tabla 9. Comparativo horario, Línea base vs estrategia Película Film - lunes 7 de octubre	103
Tabla 10. Comparativo horario, Línea base vs Cubierta - lunes 7 de octubre	108
Tabla 11. Tabla Resumen comportamiento anual Línea base Despacho 21 piso	108
Tabla 12. Tabla Resumen comportamiento anual de estrategias Despacho 21 piso 6.	109
Tabla 13. Tabla de renovaciones de aire requeridas para el despacho 21 piso 6	109