



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



**Diagnostico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS
en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander.**

Trabajo de Grado para optar por el título de Constructor en Arquitectura e Ingeniería

Odoifer Ayexi Arias Peñaranda

Código: 2254244

Construcción en Arquitectura e Ingeniería

CAU CUCUTA

Director:

I.C. - MdE WILLÁN GERMAN MELLADO ARANZALES

Universidad Santo Tomás

Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia

Centro de Atención Universitario Cúcuta

2022



Dedicatoria y agradecimientos.

Primeramente, el agradecimiento y la gloria sean para Dios quien permitió que este proyecto de superación personal tuviera un buen inicio y un buen fin; al Señor, siempre gracias por mantener mi mirada puesta en su propósito y la de El en los míos. Gracias a mi esposa, Michelis Buelvas, quien tuvo que morir a nuestro tiempo muchas veces por mis obligaciones académicas, gracias por su Amor, paciencia y dedicación, sin duda la mejor ayuda idónea que Dios me pudo haber regalado; y junto con ella a Julieta Isabel y Lucas Santiago, las flechas que Dios puso en mi aljaba, quienes todos los días me enseñan a ser niño y forman mi carácter para ser su mejor modelo.

A mi señora madre, a mi abuela, a mi señor padre, a mis hermanos, tíos y primos que siempre han creído en mí y han elevado sus oraciones al cielo por mí, a ellos también gracias, porque en los momentos más difíciles, siempre extendieron su mano para ayudarme y bendecirme.

A mis pastores en Toledo, en Cúcuta, en Barrancabermeja y Barranquilla, sé que sus oraciones y concejos siempre hicieron un vallado en mi camino, permitiéndome por difícil que fuera la prueba seguir adelante con la mirada puesta en la meta como dice el apóstol pablo en filipenses 3;13-14.

A mis amigos, a los compañeros de trabajo, a los jefes, a mi asesor de tesis y profesionales de la docencia, que colocaron su grano de arena en este proyecto, les doy mil gracias por su apoyo y solidaridad.

A las personas que siempre creyeron en mí y que ya no están aquí para ver este logro, mis gracias hasta el cielo. (B.A-J.P-I.M)



Tabla de contenido

	Pág.
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5. MARCOS DE REFERENCIA	18
5.1 ANTECEDENTES	18
5.2 MARCO CONCEPTUAL	20
5.3 MARCO TEÓRICO	26
5.4 MARCO LEGAL	41
5.5 MARCO GEOGRÁFICO	44
6. DISEÑO METODOLÓGICO	46
6.1 ENFOQUE	46
6.2 TIPO	47
6.3 VARIABLES	47



6.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
6.5	FUENTES DE INFORMACIÓN	48
6.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	48
7.	ANÁLISIS DE PREEXISTENCIAS.....	53
7.1	UBICACIÓN Y TOPOGRAFÍA.....	53
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	80
8.1	DIAGNOSTICO TÉRMICO.....	80
8.2	ALTERNATIVAS PASIVAS DE CLIMATIZACIÓN.....	82
8.3	FABRICACIÓN EXPERIMENTAL DE BLOQUES.....	90
8.4	ANÁLISIS MECÁNICO DE LOS BLOQUES.	99
8.5	RESULTADOS DE PRUEBAS MECÁNICAS BLOQUE TS	101
8.6	COSTOS DE ALTERNATIVAS PASIVAS.	103
9.	CONCLUSIONES.....	110
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114



Lista de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1 Transferencia de calor por convección	29
Ilustración 2 Radiación térmica	31
Ilustración 3 Masa Térmica de materiales convencionales.....	33
Ilustración 4 Ganancia de energía por Masa Térmica	34
Ilustración 5 Mapa de clasificación del clima.....	45
Ilustración 6 Rosa de los vientos - Barrancabermeja	53
Ilustración 7 Barrancabermeja en un radio de 5KM	54
Ilustración 8 Diagrama de Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio por mes	57
Ilustración 9 Diagrama de Temperaturas Horarias por mes	57
Ilustración 10 Diagrama de Humedad relativa por mes	58
Ilustración 11 Diagrama de Temperaturas Horarias por mes	58
Ilustración 12 Diagrama de Hisohigras por mes	59
Ilustración 13 Diagrama de Confort Térmico – (febrero) mes más cálido	59
Ilustración 14 Diagrama de confort Térmico por Carta Psicrometrica.....	60
Ilustración 15 <i>Diagrama estereográfico</i>	62



Ilustración 16 Análisis de incidencia solar (Irradiancia)	65
Ilustración 17 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación	71
Ilustración 18 Resultados de simulación comportamiento térmico	79
Ilustración 19 Resultados de simulación comportamiento térmico	85
Ilustración 20 Transferencia de calor Bloque macizo	96
Ilustración 21 Transferencia de calor Bloque TS	97



Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Clasificación Climática	18
Tabla 2 Conductividades Térmicas.....	27
Tabla 3 Coeficiente de convección.....	29
Tabla 4 Masa Térmica de materiales convencionales	33
Tabla 5 Equipos y Herramientas	49
Tabla 6 Encuesta realizada.....	51
Tabla 7 Diagnóstico de confort Térmico	55
Tabla 8 Diagnóstico de confort Térmico	55
Tabla 9 Temperatura y humedad relativa por horas.....	56
Tabla 10 Google maps y vivienda objeto de estudio.....	61
Tabla 11 Análisis de incidencia solar (Irradiancia).....	64
Tabla 12 Análisis de incidencia solar (Irradiancia).....	65
Tabla 13 Análisis estereográfico de incidencia solar	66
Tabla 14 Análisis estereográfico y proyección de sombras Hora 8.	67
Tabla 15 Análisis estereográfico y proyección de Hora 15.....	68



Tabla 16 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación	69
Tabla 17 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación	70
Tabla 18 Incidencia solar de la Fachada de estudio	72
Tabla 19 Registro térmico en sitio apartamento VIS caso de estudio (marzo 21 de 2022)	73
Tabla 20 Registro fotográfico - Temperatura operativa (marzo)	74
Tabla 21 Análisis Termográficos de placa de cubierta - superficie externa.....	75
Tabla 22 Análisis Termográficos de placa de cubierta - superficie interna	76
Tabla 23 Análisis Termográficos de fachada de estudio	77
Tabla 24 Simulación Térmica Apartamento caso de estudio sin protección térmica	78
Tabla 25 Aislamiento térmico para Placa de Cubierta	83
Tabla 26 Simulación Térmica Apartamento caso de estudio	84
Tabla 27 Simulación de Elementos disipadores de radiación.	86
Tabla 28 Bloques de mortero aligerado con panel Aislante Termico.....	89
Tabla 29 Efectos comparativos de resultados.....	89
Tabla 30 Fabricación experimental de bloques	90
Tabla 31 Análisis Térmico de los bloques.	92
Tabla 32 Datos Transferencia de calor.....	94



Tabla 33 Análisis Térmico de los bloques.....	98
Tabla 34 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo	99
Tabla 35 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo	100
Tabla 36 Resultados de pruebas mecánicas Bloque TS.....	101
Tabla 37 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo	102
Tabla 38 Costos de Alternativa pasiva # 1.....	103
Tabla 39 Costos de Alternativa pasiva # 2.....	104
Tabla 40 Costos de Producción y venta de un Bloque TS.....	105
Tabla 41 Costos de Alternativa pasiva # 3.....	106
Tabla 42 Presupuesto de aplicación de Alternativas pasiva # 1 y 2	107
Tabla 43 Análisis de costos de Muros macizos de concreto.....	108
Tabla 44 Análisis comp. de costos de Muros macizos de concreto vs muros en Bloque TS.	109



Resumen

El proyecto de investigación Diagnóstico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido, permitirá a través de su caso de estudio evidenciar una problemática real que afecta a gran parte de la población que hoy en día gozan de vivienda tipo VIS propia. El desconocimiento y la omisión de factores como el confort térmico y la eficiencia energética en la fase de diseño, emplazamiento y construcción, está permitiendo el crecimiento de construcciones enfermas, con patologías térmicas ocasionadas por la alta inercia térmica de algunos materiales usados como envolventes de los edificios y que no permiten una termorregulación rápida y efectiva que eviten una sensación de calor intenso para los habitantes al interior del habitáculo.

Tomando esto como punto de partida, el proyecto busca usar las herramientas actuales para hacer un análisis y diagnóstico del caso de estudio y finalmente plantear una serie de alternativas prácticas y económicas dentro del marco de la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Palabras clave: Confort térmico, Análisis Termográfico, Transferencia de calor, Envolvente, Incidencia solar, Ganancia térmica, Alternativas pasivas.



Abstract

The research project Thermal diagnosis and passive air conditioning alternatives for VIS construction projects in hot climate cities, will allow, through its case study, to demonstrate a real problem that affects a large part of the population that today enjoy their own home. . The lack of knowledge and the omission of factors such as thermal comfort and energy efficiency in the design, location and construction phases, is allowing the growth of sick constructions, with thermal pathologies caused by the high thermal inertia of some materials used as envelopes for buildings. Buildings and that do not allow rapid and effective thermoregulation that avoids a sensation of intense heat for the inhabitants inside the cabin.

Taking this as a starting point, the project seeks to use current tools to make an analysis and diagnosis of the case study and finally propose a series of practical and economic alternatives within the framework of sustainability and energy efficiency.

Keywords: Thermal comfort, Thermographic analysis, Heat transfer, Envelope, Solar incidence, Thermal gain, Passive alternatives.



1. Introducción

Con base en el decreto 1285 de 2015, que establece los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, (Ministerio de Vivienda, 2022) y la Resolución 0549 de Julio 10 de 2015, que define claramente el alcance de las construcciones sostenibles y establece una guía como parámetro para el ahorro de agua y energía para las edificaciones, se busca con la presente investigación diagnosticar y generar alternativas que contrarresten los efectos del comportamiento de materiales de alta masa térmica en viviendas VIS de ciudades con climas cálidos húmedos.

La presente investigación tiene por objetivo busca analizar si la implementación de los muros macizos de concreto en los proyectos actuales de Vivienda de interés social, Vivienda prioritaria y vivienda de interés particular se alinean al concepto de sostenibilidad en las construcciones de climas cálidos, ya que por las características de masa térmica del material se debe complementar su uso con estrategias de climatización que garanticen el confort térmico al interior de la vivienda.

Como sugiere (Minvivienda-Colombia, Inercia y aislamiento térmico de los materiales, 2015) que:

La selección de los materiales constructivos debe realizarse en función de su inercia térmica y características superficiales, para lograr una mayor eficiencia y confort climático de la vivienda. la inercia térmica es alta cuando el tiempo que tarda en fluir el calor al interior de la edificación es prolongado. Se dice que la edificación es pesada. La inercia térmica es baja cuando el tiempo que tarda en fluir el calor al interior de la



edificación es corto o inmediato y su capacidad de amortiguamiento es pequeña. Se dice que la edificación es liviana.

La sensación térmica y confort de las personas que hoy en día adquieren una vivienda se deben valorar desde la concepción de los proyectos y no enfocarse solo en el logro de metas financieras que pondrán por encima el interés particular sobre el concepto de vivienda digna.



2. Planteamiento del problema

El constante distanciamiento de los sistemas vernáculos de construcción en las regiones, la discriminación de los factores climáticos a la hora del emplazamiento de los proyectos, la selección inadecuada de sistemas constructivos industrializados y la conveniencia a la hora de seleccionar el material principal de la construcción, son factores que están afectando el confort térmico de las viviendas de miles de ciudadanos debido a que la ganancia de calor por radiación solar no logra liberarse de forma rápida en las viviendas de diferentes ciudades con climas cálidos de Colombia, en donde se ha seleccionado el concreto como el envolvente principal de los proyectos, afectando de forma directa el objetivo de la sostenibilidad; ya que al obviar las características térmicas de este material se está incrementando el consumo de energía eléctrica promoviendo el uso de sistemas de enfriamiento mecánico (sistemas activos como aires acondicionados) por más tiempo.

Este efecto altera la percepción de la temperatura confortable, todo que no importa la orientación respecto al sol y los vientos mientras se cuentan con sistemas mecánicos de climatización. Ahondado un poco más en el término Confort Térmico, la Norma internacional ISO 7730 de 2005 lo define como "Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico".

Geográficamente hablando, Si nos ubicamos en el globo terráqueo, encontraremos a Colombia ubicada dentro de la zona intertropical (Trópicos de Cáncer y Capricornio), muy cerca a la latitud 0 o línea del ecuador, queriendo decir esto, que todo el año recibiremos incidencia directa del sol. Tomando esto como partida, las acciones que se logren incluir durante la etapa de diseño serán claves para controlar las



ganancias de calor en las fachadas y la radiación directa al interior de las viviendas atreves de las ventanas, controlando la temperatura interna del habitáculo, que debe estar entre los 23 y 28 grados para climas cálidos húmedos con temperaturas máximas de 34°C.

El uso del concreto en las envolventes de las edificaciones sin un correcto análisis del valor (R), que es la Resistencia térmica (capacidad térmica de un material de oponerse al flujo de Calor), y su alta Masa térmica que es la capacidad que tiene el material para ganar y perder energía calórica por cada grado centígrado que varíe la temperatura, causara discomfort al interior de la edificación, partiendo de que el Aire caliente siempre migrara hacia el aire frio buscando un equilibrio térmico, como lo enseña la segunda ley de termodinámica.

La problemática que genera el hecho de que una edificación no tenga la capacidad de desprenderse del calor ganado por la radiación solar en el caso de los climas cálidos, en definitiva desencadenara el fenómeno del edificio enfermo, haciendo que este tenga que recurrir a mecanismos de enfriamiento que no fueron tenidos en cuenta por el diseñador y harán que el proyecto no cumpla con los estándares de sostenibilidad que plantea la Decreto 1285 de 2015 y la resolución 0549 de 2015 y su Anexo N° 1.

Pregunta problema

¿Qué Alternativas de climatización pasiva se pueden incorporar dentro de los proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido húmedo, con el objeto de mejorar el confort interno y cumplir con los objetivos de sostenibilidad tomando como caso de estudio la ciudad de Barrancabermeja?



3. Justificación

La industrialización de sistemas constructivos está obviando factores de confort térmico en la construcción de viviendas ubicadas en las regiones con climas cálidos húmedos, es por esto que la presente investigación busca analizar con las herramientas matemáticas y de diseño bioclimático el comportamiento específico del concreto como material envolvente de fachadas. El análisis busca medir y evaluar el grado de favorabilidad a la hora de implementar este material frente a otros en el mercado, ya que el uso desmedido del concreto está forzando a las edificaciones a salirse de los parámetros de sostenibilidad establecidos en el decreto 1285 de 2015 y la resolución 0549 de 2015 del ministerio de vivienda. La selección correcta de los materiales de la envolvente de la edificación hace parte de las medidas pasivas que aportaran en gran manera a llegar a la temperatura de confort ideal, que dentro del rango establecido en el Anexo 1 de la resolución 0549 se establece entre 21 y 25 °C con una humedad relativa entre el 20 y el 75 %.

Los sistemas de climatización pasiva buscan reducir el tiempo de uso de los sistemas mecánicos de enfriamiento y ventilación y aumentando los porcentajes de ahorro en relación al consumo de agua y energía eléctrica; Colombia es un país joven en la implementación de esta normatividad, pero cuenta con diversidad de materiales y recursos para colocarse a la altura de Suiza, España, Alemania que hacen parte de los 10 países más sostenibles en Europa en temas energético ambientales.



4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Proponer Alternativas pasivas de climatización que se pueden incorporar dentro de los proyectos de construcción (VIS) en ciudades de clima cálido, con el objeto de mejorar el confort interno y cumplir con los objetivos de sostenibilidad, Tomando como caso de estudio la ciudad de Barrancabermeja.

4.2 Objetivos específicos

Consultar las características geográficas y climatológicas de la ciudad de Barrancabermeja.

Generar un análisis de preexistencias que permitan ver de forma resumida las condiciones de microclima que rodean el proyecto VIS caso de estudio.

Evaluar el comportamiento y las temperaturas reales producidas por la exposición directa a la radiación solar en muros de concreto usados como envolvente en viviendas a través de análisis termográficos en los proyectos VIS

Proponer Alternativas pasivas de climatización que se pueden incorporar dentro de los proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido, con el objeto de mejorar el confort interno y cumplir con los objetivos de sostenibilidad, según la resolución 0549 de 2015 del ministerio de vivienda ciudad y territorio de la república de Colombia.



5. Marcos de referencia

5.1 Antecedentes

Partiendo de la clasificación climática establecida en el mapa de zonas climáticas de Colombia del IDEAM, más del 75% del área del país es de clima cálido húmedo, es por esto que la resolución 0549 de 2015 hace especial hincapié en las variables que definen el clima de una región, como lo muestra la tabla N°1 Anexa en dicha resolución. (CCC-Sostenible, 2022).

Tabla 1 Clasificación Climática

Tipo de clima	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Ciudad representativa
Frío	12 - 18	2000m - 2999m	Bogotá (2625m)
Templado	18 - 24	1000m - 1999m	Medellín (1495m)
Cálido seco	> 24; HR < 75%	< 1000m	Cali (997m)
Cálido húmedo	> 24; HR > 75%		Barranquilla (18m)

Fuente: Resolución 0549 de 2015.

Tabla T-01. (ANEXO 1 Res. 0549 – 2015 – Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones pág. 6)

La Ley 388 de 1997 en su artículo 91- Concepto de vivienda de interés social. El artículo 44 de la Ley 9 de 1989, quedará así: “Se entiende por viviendas de interés social aquellas que se desarrollen para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos”



(Vega, J., 2016), en su tesis de control térmico de fachadas, plantea como objetivo de su investigación, Evaluar el rendimiento térmico de fachadas de vivienda tipo VIS, de acuerdo a modelos de confort térmico adaptados a las características climáticas locales, esto como método para obtener valores de referencia que permitan configurar una propuesta de anteproyecto de norma que regule la transmitancia térmica en fachadas de viviendas tipo VIS multifamiliar en la ciudad de Bogotá D.C.

(Gonzalez & Fonseca, 2019) En su tesis de grado buscan introducir el concepto de elementos menos rígidos a materiales como el concreto con el objeto de fabricar piezas más ligeras y de menor costo, es así como buscan incorporar el Poliestireno expandido a las mezclas de concreto y analizar su comportamiento mecánico después de su fabricación.

(Huertas, 2021) En su tesis Diseño De Mezcla De Un Concreto Celular De Baja Densidad Utilizando Residuos De Cantera, ilustra el proceso de diseño y fabricación de la mezcla con el objeto de aplicarlo como material para vías.

En su tesis de Maestría (Rodriguez, P., 2018), Comportamiento y Variación del Confort Térmico de la Vivienda de Interés Social en Clima Cálido Húmedo, busca mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de interés social a partir de estrategias de tipo pasivo.

Con base a lo anterior y buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes de las viviendas de interés social en Colombia, se busca generar estrategias y nuevos materiales que aporten al crecimiento y desarrollo sostenible de la construcción VIS, dentro del marco legal y normativo del país.



5.2 Marco conceptual

Para el concepto del presente trabajo de grado utilizaremos los términos del *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales* (IDEAM, 2022).

Clima:

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo

Calor:

Es un tipo de energía que se produce por la vibración de moléculas, y que provoca la subida de la temperatura, la dilatación de los cuerpos, la fundición de sólidos y la evaporación de líquidos.

Temperatura.

El concepto de **temperatura** se origina en las ideas cualitativas de “caliente” y “frío” basadas en nuestro sentido del tacto.

Zona Climática:

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) clasifica el clima colombiano por medio de pisos térmicos (Clasificación Caldas) donde la altura sobre el nivel del mar es el factor principal que caracteriza cada clima. Hay cinco pisos térmicos (Glacial, Páramo, Frío, Templado y Cálido).

Micro Clima



Condición atmosférica y climatológica de un ambiente reducido.

Meso Clima

Esta condición se refiere a las características de la zona climática.

Calor específico

Es la cantidad de energía requerida para conseguir que un kilogramo de una sustancia varíe su temperatura.

Confort Térmico

Condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico, requiere evaluación subjetiva. (Norma-Española, 2006).

Ambiente Térmico

Las características del ambiente que afectan la pérdida de calor de una persona. (Vega, J., 2016).

Ambiente Térmico Aceptable

Ambiente que al menos el 80% de los ocupantes encontrarían térmicamente aceptable. (Vega, J., 2016).

Cerramiento

Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios. Comprende las cubiertas, suelos, huecos, muros y medianeras. (Ministerio de Fomento de España, 2013).



Conductividad Térmica

Flujo de calor transmitido a través de un material de espesor unitario por unidad de superficie, cuando el gradiente de temperatura en dirección normal es unitario. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002).

Densidad De Flujo De Calor

Cociente entre el flujo de calor y el área. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002), en la XVIII Investigación pre-normativa de control térmico en fachadas de edificios multifamiliares tipo VIS en la ciudad de Bogotá D.C.

Concreto

Material compuesto de agregados pétreos gruesos y finos envueltos por una matriz de ligadura cementosa.

Edificación — Es una **construcción** cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos. (Congreso Republica, 1997).

Envolvente

Está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior. (Ministerio de Fomento de España, 2013).



Flujo De Calor

Cociente entre la cantidad de calor que atraviesa una superficie y el tiempo empleado para ello.
(Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002).

Humedad Relativa

La relación entre la fracción mol del vapor de agua presente en el aire, y la fracción mol de vapor de agua presente en el aire saturado a la misma temperatura y presión barométrica alternativamente, es igual a la relación de la presión parcial (o densidad) del vapor de agua en el aire, y la presión de saturación (o densidad del vapor de agua) a la misma temperatura. (Vega, J., 2016).

Resistencia Térmica

Cociente entre la diferencia de temperatura y la densidad de flujo de calor, en condiciones de régimen estacionario. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002).

Resistencia Térmica Superficial Interna

Resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie interior de un elemento que transmite calor por radiación y convección. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002).

Resistencia Térmica Superficial Externa



Resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior de un elemento que transmite calor por radiación y convección. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002).

Resistencia Térmica Total

Inversa de la transmitancia térmica. (Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion, 2002). (Vega, J., 2016).

Transmitancia Térmica

Flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. (Ministerio de Fomento de España, 2013).

Irradiancia

Es la energía instantánea que se emite o incide en cierta superficie o zona, sus unidades son W/m^2 . (Tejada & Gomez, Prontuario Solar de Mexico, 2015).

Irradiación

Es la energía que en forma de radiación se integra o totaliza durante cierto tiempo en una superficie o zona. Sus unidades son Joules/ m^2 o cal/ cm^2 (llamado también Langley y se abrevia ly) o kWatt-hora/ m^2 día, que es una forma muy común de expresar este parámetro. (Tejada & Gomez, Prontuario Solar de Mexico, 2015).

Muro



Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere carga a las cimentaciones. (Congreso Republica, 1997).

Fachada

Paramento exterior de un edificio, especialmente el principal (RAE)

Medidas Activas

Comprende el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras. (Ministerio, 2015).

Medidas pasivas

Son aquellas que se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética para crear condiciones de confort para sus ocupantes. (Ministerio, 2015).

Análisis de Preexistencias

Características puntuales de sitio del proyecto, en lo referente a la Ubicación Geográfica, Clima, Topografía, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de los vientos, precipitaciones de la zona, Flora y Fauna del entorno, ubicación en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Ganancia térmica



Se refiere al aumento de la energía térmica de un espacio, objeto o estructura tras ser expuesta a la radiación solar incidente (ARKIPLUS, 2018).

Termografía

Ciencia que estudia la temperatura del espectro de colores o radiaciones infrarrojas imperceptibles al ojo humano, descubierto por Sir Frederick William Herschel en 1800 cuando dejó pasar un haz de luz a través de un prisma de cristal y este la descompuso en una gama variada de colores. (Peñaranda, 2022).

Análisis termo gráfico

Estudio basado en la recolección de imágenes termo gráficas y temperaturas de superficies expuestas a radiación que emiten luz infrarroja que se capta a través de cámaras con sensor infrarrojo o cámaras térmicas.

5.3 Marco teórico

Mecanismos de transferencia de calor

Son los materiales conductores y aislantes que permiten o impiden la transferencia de calor entre cuerpos. (Zemansky, 2013), Los materiales envolventes, las cubiertas y los puentes térmicos tienen la capacidad de conducir la energía desde la fuente de calor hasta la zona más fría buscando siempre el equilibrio térmico usando la radiación, la conducción y la convección como los medios por los que este tipo de energía se transfiere.



Tabla 2 Conductividades Térmicas

Sustancia	k(W/m.K)	Sustancia	k(W/m.K)
Metales			
Plomo	34,7	Mercurio	8,3
Aluminio	205,0	Plata	406,0
Latón	109,0	Acero	50,2
Cobre	385,0		
Solidos (Valores Representativos)			
Ladrillo Aislante	0,15	Fieltro	0,04
Ladrillo Rojo (Tabique)	0,6	Fibra de Vidrio	0,04
Concreto (Hormigón)	0,8	Vidrio	0,8
Corcho	0,04	Hielo	1,6
Poliestireno (espuma) EPS	0,027	Madera	0,12 – 0,04
Gases			
Aire	0,024	Oxígeno	0,023
Helio	0,14	Hidrógeno	0,14

Fuente: Zemansky, Sears 2013

Diferencia entre Temperatura y Calor

Es absolutamente indispensable tener bien clara la distinción entre *temperatura* y *calor*. La temperatura depende del estado físico de un material y es una descripción cuantitativa de su calidez o frialdad. En física, el término “calor” siempre se refiere a transferencia de energía de un cuerpo o sistema a otro, debida a una diferencia de temperatura, nunca a la cantidad de energía contenida en un sistema dado. (Zemansky, 2013)



Uso eficiente de energía

La energía térmica es ampliamente utilizada en el sector industrial en forma de calor de flama directa, aire caliente, vapor, agua caliente, agua fría y refrigerante, entre otros. El uso de energía térmica, en la mayoría de los casos, cuesta dinero y es contabilizado como un costo operativo si ésta es generada a partir de electricidad o algún combustible fósil, además de resultar en la emisión de gases de efecto invernadero.

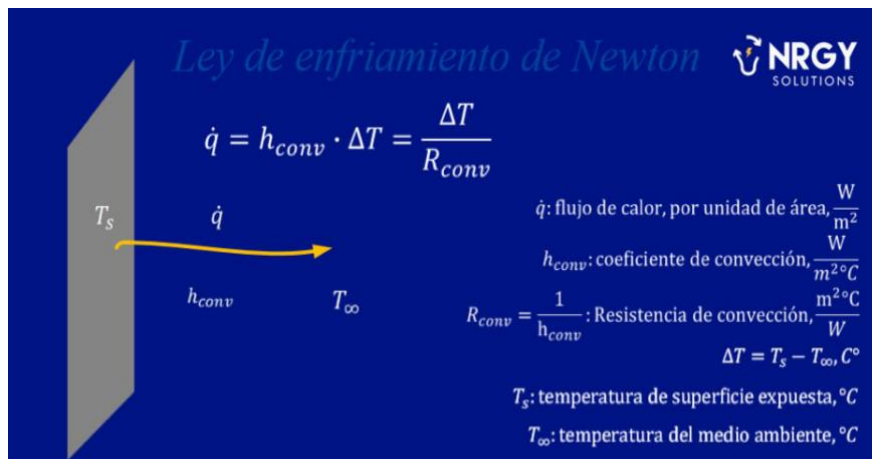
Las pérdidas o ganancias de calor por envolvente no deseadas, resultan en costos operativos evitables en cierta medida. Emplear aislamiento térmico para minimizar la transferencia térmica no deseada es frecuentemente un proyecto atractivo de ahorro en costos de energía y disminución de emisión de gases de efecto invernadero. (NRGY, 2021).

Transferencia de calor por convección

En ambientes industriales, la transferencia de calor por convección ocurre en superficies expuestas al aire ambiente. El modelo matemático para calcular la transferencia de calor por convección en estado estable es mediante la ley de enfriamiento de Newton. El resultado de la ecuación es el flujo de calor por unidad de superficie que se transfiere de la superficie *al medio ambiente o viceversa*.



Ilustración 1 Transferencia de calor por convección



Fuente: NRGY Solutions 2021

A pesar de la complejidad para calcular el coeficiente de convección para cada caso en particular, ASHRAE propone algunos valores que pueden ser utilizados de manera general. Cálculos de transferencia de calor más rigurosos, exigirán un análisis detallado de este coeficiente. (NRGY, 2021).

Tabla 3 Coeficiente de convección

Superficie expuesta	Coeficiente de convección h, W/m ² °C
Para cálculos con aire quieto (ej. Interior del edificio)	
Techo	10.0
Muro vertical	7.7
Para cálculos con aire en movimiento (ej. Exterior del edificio) depende de la velocidad del aire, no de la orientación de la superficie	



Aire a 7 m/s (25 km/h)	33.3
Aire a 4 m/s (14 km/h)	25.0
Aire a 2 m/s (7 km/h)	16.7

Fuente: NRGY Solutions 2021.

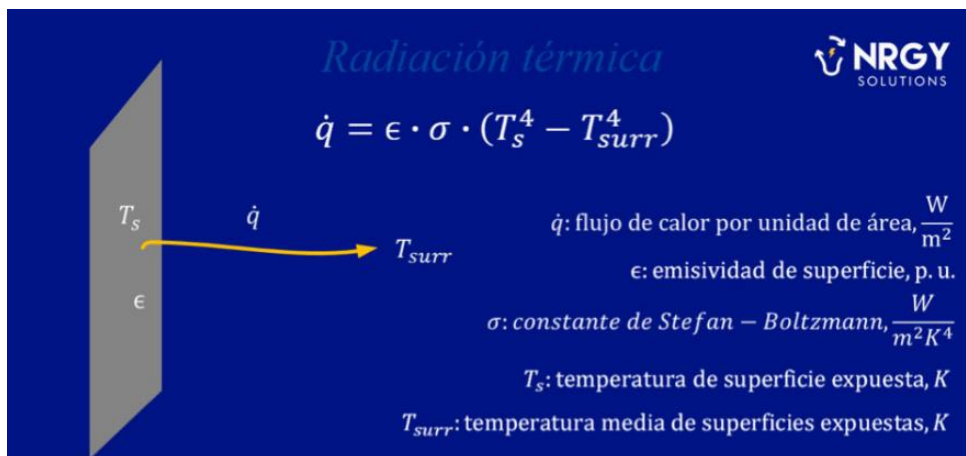
Transferencia de calor por radiación

Además de la transferencia de calor por convección, existe otro mecanismo simultáneo de transferencia de calor de una superficie hacia el medio ambiente o viceversa. Este mecanismo es llamado radiación térmica, y comprende la transferencia de calor por radiación electromagnética, en específico, la radiación infrarroja.

La radiación térmica, a diferencia de la convección, puede llevarse a cabo sin necesidad de contar con un medio de transferencia. Este mecanismo de transferencia de calor depende de tres parámetros de manera general: emisividad de superficie, temperatura absoluta de la superficie y temperatura absoluta media de las superficies a los alrededores de la superficie de análisis. (NRGY, 2021).



Ilustración 2 Radiación térmica



Fuente: NRGY Solutions 2021

Ganancia de calor de los materiales por su Densidad.

La Densidad

La densidad (ρ) o masa volumétrica de un material, define el coeficiente entre la cantidad de masa (kg) que caracteriza el material y el volumen unitario (m^3), su valor se mide en kg/m^3 . Entre más denso sea un material, mayor capacidad de conducción tendrá.

Densidad= masa / volumen



Capacidad Térmica Volumétrica - “Masa Térmica”

La masa térmica es la cantidad de energía que 1 m³ de material puede acumular o ceder por cada °C de aumento o disminución de su temperatura; se obtiene multiplicando su densidad por su valor específico.

La masa térmica puede almacenar energía solar durante el día y volver a radiarla por la noche. El uso deficiente de la masa térmica puede exacerbar los peores extremos del clima y puede ser una gran carga de energía. La masa térmica no es un sustituto del aislamiento. La masa térmica almacena y vuelve a lanzar el calor; el aislamiento detiene el flujo de calor que entra o sale del edificio. Un material de alta masa térmica generalmente no es un buen aislante térmico. La masa térmica es particularmente beneficiosa cuando hay una gran diferencia entre las temperaturas exteriores diurnas y nocturnas.

El uso correcto de la masa térmica puede retrasar el flujo de calor a través de la envoltura del edificio hasta 10-12 horas, produciendo una casa más cálida en la noche en invierno y una casa más fría durante el día en verano (Wilson 1998). Un edificio de gran masa necesita ganar o perder una gran cantidad de energía para cambiar su temperatura interna, mientras que un edificio liviano requiere solo una pequeña ganancia o pérdida de energía para cambiar la temperatura del aire.

Este es un factor importante a considerar al elegir sistemas de construcción y evaluar la adaptación al cambio climático. (ARKIPLUS, 2018).

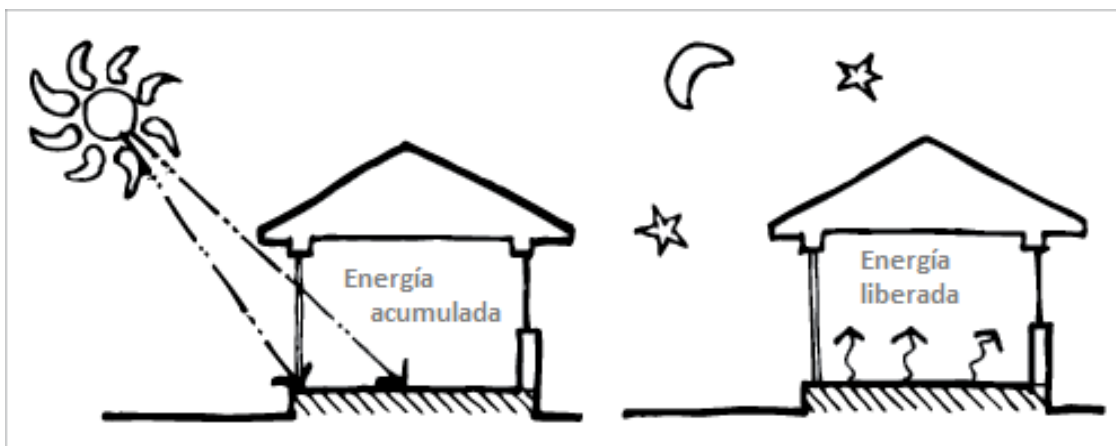


Tabla 4 Masa Térmica de materiales convencionales

Material	ρ (Kg/m ³)	C_p (KJ/Kg°C)	Masa Térmica (KJ/m ³ °C)	Agua Solido
Ladrillo	1920	0,835	1603	2,6
Hormigón	2300	0,88	2014	2,1
Cuarcita	2600	1,1	2860	1,5
Agua	1000	4,2	4200	1

Fuente: ARKIPLUS 2018.

Ilustración 3 Masa Térmica de materiales convencionales



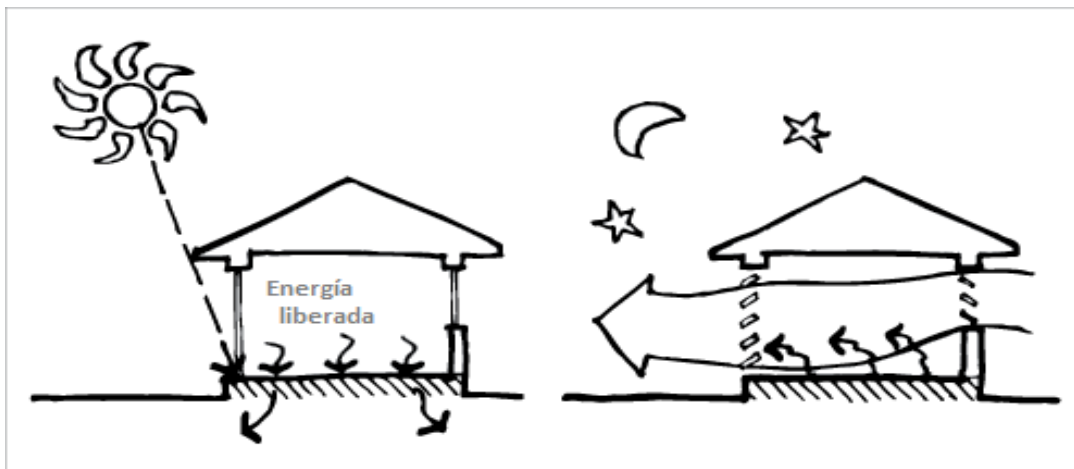
Fuente: ARKIPLUS 2018

Comportamiento de la ganancia de energía por masa Térmica en regiones de clima Frio.

(ARKIPLUS, 2018).



Ilustración 4 Ganancia de energía por Masa Térmica



Fuente: ARKIPLUS 2018

Comportamiento de la ganancia de energía por masa térmica en regiones de clima Cálido.

(ARKIPLUS, 2018).

Concepto de masa e inercia térmica

ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón) de Madrid España describe en el Blog de 360 en concreto de Argos y Asocreto (Asociación Colombiana de Productores de Concreto) el artículo “La Masa Térmica Del Concreto Mejora La Eficiencia Energética De Los Edificios”

Se define masa térmica como la capacidad de los materiales de acumular y liberar calor progresivamente, es decir, la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno. En cuanto a la inercia térmica, se refiere a la propiedad que adquiere el edificio para amortiguar la influencia de la temperatura exterior sobre las condiciones térmicas interiores.



El mecanismo de funcionamiento es muy simple: el elemento (la fachada, el suelo, el techo, una pared interior) actúa como acumulador o liberador de energía térmica, según el momento de la jornada, lo que definirá el sentido del flujo de calor (exterior-interior). Aunque no guarda una relación estrictamente directa, sí se puede afirmar que depende de la densidad del material, de su calor específico y es inversa a su conductividad térmica.

De esta forma, los edificios de gran inercia térmica tienen variaciones de temperatura más estables, causando dos efectos resultantes, si comparamos la evolución de la temperatura interior del edificio con respecto a la que se produce en el ambiente exterior:

Atenuación: suaviza las temperaturas, reduciendo la importancia de los picos de calor/frío.

Retardo: retrasa el efecto de esa subida o bajada de temperaturas, consiguiendo unos valores más estables y mantenidos en el tiempo.

Durante las horas centrales del día se produce normalmente la mayor carga térmica interna, procedente principalmente de la radiación solar que incide sobre las fachadas, la mayor presencia de personas y actividad en el interior del edificio, la iluminación artificial e incluso del funcionamiento de máquinas que liberan calor.

En el caso de un edificio expuesto a una temperatura exterior alta y sometida a la acción directa de la radiación solar, la temperatura exterior del cerramiento se elevará produciéndose una transferencia de calor hacia el interior del edificio. La evolución de la temperatura de la cara exterior presentará un valor máximo en un instante de la jornada, en función de la situación y orientación del cerramiento. Esta



onda de temperatura exterior se verá amortiguada, en cuanto a amplitud, al atravesar el cerramiento, originándose un desfase entre los instantes en los que se produce un pico de temperatura.

El efecto de desfase y amortiguamiento permite que el edificio permanezca más tiempo en la zona de confort sin necesidad de gasto energético adicional, lo que permite ahorros de manera gratuita ya que son inherentes al material. Durante la noche las ventanas se abren para ventilar el interior y refrescar los elementos de concreto que, a su vez, liberan el calor acumulado, de forma que se compensa la caída de temperatura y se produce el efecto inverso de transferencia de energía térmica. (ANDECE, 2016)

Puede llegarse al caso extremo de que todas las necesidades de refrigeración podrían obtenerse de la masa térmica. Y así continuaría de manera cíclica cada día. Estas estrategias se pueden reforzar con sistemas de ventilación para aprovechar al máximo el enfriamiento nocturno.

El concreto como material de alta masa térmica

La masa térmica es un efecto natural, pasivo e inherente que cobra especial importancia en materiales pesados como el concreto y que, tradicionalmente, ha estado vinculada a las casas y edificios cerrados con piedra natural, como son las antiguas catedrales. La gran densidad del concreto, en torno a 2.400 kg/m^3 , que incluso motiva que algunos elementos de concreto no armados sean calificados como piedra artificial, proporciona una mayor masa térmica.



Existen diversas referencias en cuanto a cuál es la contribución que se puede obtener a partir de un uso preciso de la masa térmica en construcciones basadas en concreto, lo cual depende de la influencia de otras variables, como el tipo de edificio (alturas, configuración espacial), la orientación, la localización (zona climática), el grado de ocupación, entre otras.

Por tanto, es fundamental que la disposición de elementos constructivos de concreto se vea acompañada de otras medidas de diseño que aseguren un efecto multiplicador, como pueden ser sistemas de ventilación forzada con caudal variable, dispositivos de sombreado, distribución de las ventanas, galerías acristaladas en las zonas de máxima insolación, estructuras activadas térmicamente, etc. y que, en definitiva, son ya algunas técnicas implantadas dentro de la denominada arquitectura bioclimática. (ANDECE, 2016).

Conductividad, Resistencia y Transmitancia Térmica

Conductividad Térmica

Es la propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor, es decir mide que tan fácil es el paso de calor a través de ellos.

La conductividad térmica de un material se calcula a partir de un coeficiente (referido como λ) y es distinta dependiendo de su naturaleza molecular. Este cálculo se realiza en base a la siguiente

fórmula: $\lambda = q/\text{grad. } T$



Donde q es el flujo de calor por unidad de tiempo y área, y $\text{grad. } T$ es el gradiente de temperatura.

Cuanto mayor sea la conductividad térmica de un material, mejor conductor del calor resultará, y cuanto menor sea aquel, el material será más aislante. La temperatura, la convección, la conductividad eléctrica y los cambios de fase del material influyen todos en el resultado del coeficiente de conductividad térmica.

Unidades de medida de la conductividad térmica

La conducción térmica se mide, de acuerdo al Sistema Internacional, a partir de la relación $W/(K.m)$, donde W son watts, K kelvin y m , metros. Esta unidad es equivalente a Joules sobre metro por segundo por Kelvin ($J/m.s.K$).

Una conductividad térmica de 1 vatio por metro por kelvin significa que un Julio (J) de calor se propaga a través de un material de $1m^2$ de superficie y un grosor de 1m, en 1 segundo, cuando la diferencia entre ambas sustancias sea de 1K. (Leskow, 2020).

Resistencia térmica

Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de oponerse a un flujo de calor. La resistencia térmica total R_t de un elemento constructivo es la suma de las resistencias térmicas superficiales y la resistencia térmica de las diferentes capas que la componen. Se mide en $[m^2K/W]$. Para obtener una alta resistencia térmica, que es objetivo para una vivienda confortable y de bajo consumo energético, debemos instalar un aislante con baja Conductividad Térmica (λ) y un gran espesor (e). La



Resistencia Térmica (R_T) es proporcional al espesor del aislante (e) y, por lo tanto, dado que no existe el aislante perfecto, recomendamos siempre aplicar el refrán “más es mejor”, es decir, más espesor es mejor aislación. $R=e/\lambda$ (AISLACEL, 2020).

Transmitancia Térmica

Propiedad física de los materiales que mide la cantidad de energía que atraviesa un elemento en una unidad de tiempo, es decir mide el calor que se pierde o se gana a través de un elemento.

La transmitancia térmica o Valor (U) está dada (W/m^2K), y corresponde al valor inverso de la resistencia térmica de un material específico.

$$U=1/R \text{ en } W/m^2 K$$

Construcción Sostenible

Una construcción sostenible es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación. (Minvivienda-Colombia, 2015).

Edificaciones Sostenibles

La definición de edificaciones sostenibles es amplia y cubre un amplio rango de aspectos. Los aspectos típicos que caben dentro del espectro de edificaciones sostenibles incluyen:



- ✓ Eficiencia energética
- ✓ Eficiencia en agua
- ✓ Materiales de construcción de baja energía embebida
- ✓ Calidad del ambiente interior
- ✓ Sostenibilidad del emplazamiento
- ✓ Edificaciones y entorno exterior
- ✓ Sostenibilidad urbana (Minvivienda-Colombia, 2015).

Bioclimática y Confort

Arquitectura- Refugio y Entorno

El medio ambiente físico está formado por numerosos elementos relacionados. Es posible intentar describir los constituyentes del entorno tales como: luz, sonido, clima, espacio etc. Todos ellos inciden directamente en el cuerpo humano, el cual puede absorberlos o intentar contrarrestar sus efectos. En la lucha por conseguir el equilibrio biológico se producen diversas reacciones físicas y psicológicas. El hombre se esfuerza por llegar al punto en el que adaptarse a su entorno le requiera solamente un mínimo de energía. Las condiciones bajo las cuales consigue este objetivo se definen como “Zona de Confort”, donde la mayor parte de la energía humana se libera para dedicarse a la productividad. La vivienda es el principal instrumento que nos permite satisfacer las exigencias de confort adecuadas.

El criterio ideal para el diseño de un refugio en equilibrio respecto a su medio ambiente sería el que cubriera satisfactoriamente todas las necesidades fisiológicas humanas, de ahí la importancia de hablar de la sensación de equilibrio térmico dentro del confort térmico. (Olgyay, 1998).



Zona de confort.

Algunos escritores consideran que el límite superior de temperatura que puede resistir el hombre se da en el punto de insolación debido a la radiación solar y que el límite mínimo es el punto de congelación. La temperatura ideal del aire debe encontrarse entonces a mitad de camino entre estos dos extremos. Experimentos realizados en la fundación John B. Pierce demuestran que al someter a animales a túneles de temperatura variable, prefieren permanecer a 21 °C, es decir en la zona media entre los puntos que exigen un mayor gasto energético de adaptación al ambiente.

Por lo tanto algunos estudiosos afirman que el ser humano con una temperatura corporal media de 37°C, al buscar unas condiciones térmicas favorables, escoge intuitivamente aquellas áreas en las cuales la temperatura se encuentra entre el frío que puede tolerar sin estar demasiado incomodo y el punto que le permita adaptarse al calor, sin que sus sistemas circulatorios y de secreción tengan que realizar un esfuerzo excesivo. (Olgay, 1998).

Los Elementos que afectan el confort son:

- ✓ Temperatura del aire
- ✓ Radiación solar
- ✓ Movimiento de aire
- ✓ Humedad. (Olgay, 1998).

5.4 Marco legal

Teniendo en cuenta todas las consideraciones del Decreto 1285 de 2015, las cuales basándose en el artículo 80 de la constitución de 1991 “El estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los



recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como cooperar con otras naciones en la protección de sistemas fronterizos”; por lo anterior y tomando el agua como principal recurso y fuente principal para la vida, el decreto 1285 de 2015 busca establecer medidas que garanticen el adecuado uso de los recursos naturales y establecer lineamientos que promuevan el desarrollo sostenible en el ámbito de la construcción.

Como complemento de lo anterior la Resolución 0549 de Julio 10 de 2015 define claramente el alcance de las construcciones sostenibles y establece una guía como parámetro para el ahorro de agua y energía para las edificaciones, entendiendo como construcciones sostenibles el conjunto de medidas activas y pasivas en diseño y construcción de edificaciones que permiten alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de agua y Energía (resolución 0549 de 2015). Todas las medidas que se tomen encaminadas en la sostenibilidad busquen siempre el confort de las personas independientemente de la región donde se encuentre, exigiendo a los diseñadores aterrizar sus proyectos a las características topográficas y climatológicas de la zona.

El estado colombiano busca mediante el decreto 1285 título 7 capítulo 1 artículo 2.2.7.1.1 establecer lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, encaminados al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social. El artículo 2.2.7.1.2 Implementación de los lineamientos de construcción sostenible. El gobierno Nacional por conducto del ministerio de vivienda, ciudad y Territorio, adoptará mediante resolución, los parámetros y lineamientos técnicos para la construcción sostenible.



En lo relacionado con las medidas para el ahorro de agua y energía en edificaciones, los parámetros que se adopten deberán contener como mínimo los siguientes aspectos.

Porcentajes obligatorios de ahorro en agua y energía según clima y tipo de edificaciones.

Sistema de aplicación gradual para el territorio de conformidad número de habitantes de los municipios.

Procedimiento para la certificación de la aplicación de las medidas.

Procedimientos y herramientas de seguimiento y control de la implementación de las medidas

Promoción de incentivos a nivel local para la construcción sostenible.



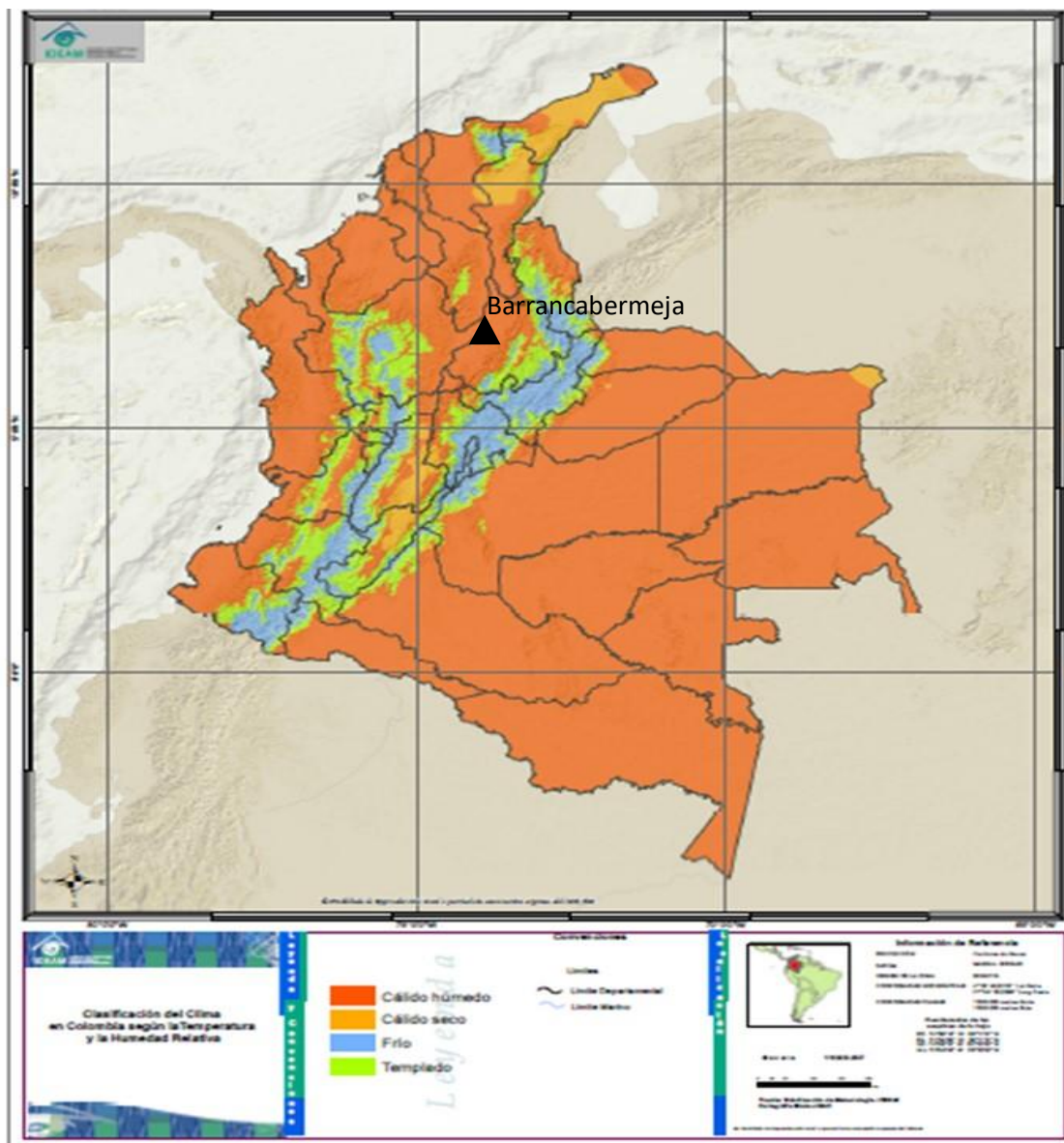
5.5 Marco geográfico

La presente investigación se ubica en el departamento de Santander y su segunda ciudad Barrancabermeja, dicha ciudad se caracteriza por ser eje de la economía nacional por su ubicación estratégica, en la actualidad el crecimiento de esta ciudad va en aumento gracias a la industria hidrocarburos que representa un 70% de la economía local, el turismo que representa un 5% del PIB y la agroindustria que representa del 2 al 4% del PIB y La construcción industrial representa el 15% de la economía de los hidrocarburos según, el artículo Barrancabermeja y su impacto en la economía nacional de la página Radio Cadena Nacional. (Grosso, 2021). Se debe tener en cuenta que la construcción industrial difiere en alcance a la construcción de vivienda, que en Barrancabermeja deja de beneficiar a cerca de un 28,8% de la población según datos del DNP 2016, según el Club de Lectura de la Biblioteca María Zambrano, (Murillo, 2019).

Barrancabermeja se encuentra ubicada según el mapa de clasificación del clima del IDEAM en una zona de clima cálido húmedo en el centro norte del país, al pie del río Magdalena y rodeado de un bosque húmedo tropical regados por ciénagas que funcionan como reservorios de agua del río, la ciudad cuenta con una humedad de relativa que oscila entre el 61 y 98%.



Ilustración 5 Mapa de clasificación del clima



Fuente: (IDEAM, 2022).

(ANEXO 1 0549 – 2015 – Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones pag. 5)



6. Diseño Metodológico

6.1 Enfoque

El norte de la investigación busca alinear los conceptos existentes en la legislación colombiana respecto a la implementación de construcciones sostenibles con las prácticas actuales de construcción en la ciudad de Barrancabermeja que entre otras cosas hace parte de modelo piloto de la puesta en marcha de la resolución 0549 de 2015 del ministerio de vivienda y su anexo. De igual forma se busca hacer un resalto a la importancia de la selección de los materiales para la envolvente de los proyectos ya que cada región del país cuenta con características climáticas diferentes, de ahí que esta investigación aplique modelos matemáticos para el análisis de Ganancias de calor por masa térmica de materiales como el concreto aplicado en la ciudad de Barrancabermeja como envolvente principal de las edificaciones en planes de vivienda de interés social VIS y planes de vivienda de interés particular VIP.

La investigación está basada en el método cualitativo y busca mostrar con análisis de preexistencias y evidencias recolectadas de construcciones existentes, las fallas planteadas en el problema. El curso de la investigación estará enmarcado en el decreto 1285 de 2015 y la resolución 0549 de 2015 que regula la construcción en Colombia desde el punto de vista de sostenibilidad y medio ambiente. Los recursos a emplearse serán las imágenes que las mismas empresas constructoras comparten en sus páginas web y estudios previos de las características de los materiales y Diseño bioclimático de edificaciones.



6.2 Tipo

Dentro del enfoque cualitativo, el estudio de casos acompañara el proceso de análisis de la afectación al confort térmico que causa la aplicabilidad de envolventes en concreto y sistemas constructivos que como está demostrado funcionan bien en climas templados o climas fríos, pero que al aplicarse a climas cálidos húmedos y climas cálidos secos tienen efectos incómodos al transformar el microclima de un habitáculo en un estado bochornoso, opresivo e incluso insostenible, que hace obligatorio el uso de sistemas activos de termorregulación durante tiempos extensos para nivelar la temperatura interior y mejorar la sensación térmica al interior de una edificación pero que finalmente la cataloga como un edificio enfermo por su alta demanda de energía eléctrica; gran parte de los problemas de eficiencia energética se pueden contrarrestar con la aplicación de medidas pasivas que contrarrestasen la ganancia térmica del edificio particularmente en climas cálidos donde existen temperaturas máximas de hasta 34 °C.

6.3 Variables

Dentro de las variables podremos encontrar que existen edificaciones en la ciudad de Barrancabermeja que se construyeron con el sistema industrializado de muros en concreto, pero que implementaron sistemas de aislamiento térmico como medidas pasivas, acompañado de otras estrategias que contrarrestaron la ganancia de calor del concreto asumiendo costos adicionales, pero entendiendo que dicho incremento en el presupuesto se recupera con el ahorro de energía de la edificación a N años.



6.4 Población y muestra

La investigación, Diagnóstico térmico y Alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander, se ubicará en la ciudad de Barrancabermeja que basada en la resolución 0549 de 2015 y sus anexos, entra dentro de la clasificación de ciudades como Barranquilla con clima cálido húmedo. Dentro de las herramientas se buscará acceder a uno de los proyectos de vivienda de interés social de la ciudad que cuentan con Envoltentes en concreto macizo de 7 a 10 cm de espesor, diligenciar una planilla denominada Sensación Térmica diligenciada por un propietario que manifieste inconformismo por la temperatura interna de su vivienda y posteriormente se realizarán una serie de lecturas para determinar el grado de ganancia térmica que causa el discomfort térmico.

6.5 Fuentes de información

Las empresas constructoras a la fecha en sus páginas web, informan sobre el avance de sus proyectos y permiten el acceso a registros fotográficos que evidencian la tipología de construcción y materiales empleados.

6.6 Técnicas e instrumentos

La investigación implementará el uso de modelos matemáticos existentes para la evaluación de transmisión térmica a través del concreto y su incidencia en la temperatura interna de la vivienda vis.

La investigación contará con un análisis de preexistencias del sector caso de estudio dentro del marco geográfico, una tabla de caracterización climática de diagnóstico de confort térmico elaborada por el Dr. Gabriel Gomez-Azpeitia, Mascarilla de radiación solar incidente sobre superficies verticales y



Horizontales del libro Prontuario solar de México (Tejada & Gómez, Prontuario solar de Mexico, 2015), Herramientas online para análisis como, Solar Sun Earth Tools, (SunEarthTools.com, 2022). 3d Sun Path, (Andrewmarsh, 2022), Solar Tool Free, (SunEarthTools.com, 2022); Autodesk Formit online versión estudiantil, (Autodesk, 2022). Y software como Desing Builder ejecutado por el arquitecto Omar Barranco M.Sc en Bioclimatica.

Dentro de los equipos y herramientas se contó con termómetros digitales y cámaras termográficas relacionadas en la siguiente tabla.

Tabla 5 Equipos y Herramientas

EQUIPO	ESPECIFICACIÓN
Termómetro Digital Infrarrojo Marca: Berrcom Ref. (JXB-.178) 	Especificaciones Resolución de Pantalla: 0.1°C (0.1°F) Temperatura de Operación: 10°C to 40°C (50°F to 104°F) Temperatura de Almacenamiento: 0°C to 50°C (32°F to 122°F) Tasa de Humedad: ≤ 85% Potencia: DC 3V (2 pilas AA) NO INCLUIDAS Tamaño: 155 x 100 x 40 mm/6 x 4 x 1.6 pulgadas (longitud x ancho x alto) Peso: 154g/0.34lb (con baterías); 105g/0.23oz (sin baterías) Rango de Medida: Función de Modo Body: 32.0°C a 43.0°C (89.6°F a 109.4°F) Modo de Temperatura Superficial: 0°C – 60°C (32°F – 140°F) Rango Modo Habitación: 0°C a 40°C (32°F a 104°F) Precisión: ± 0.3°C (0.54°F) Medida de la Distancia: 3cm a 5cm (1.2 pulgadas a 2 pulgadas) Tiempo de Respuesta: 1 segundo Retroiluminación del modo Body: Luz de Fondo Verde: más bajo que 37.3°C (99.1°F), temperatura normal. Luz de Fondo de Color Naranja: 37.4°C a 37.9°C (99.3°F - 100.2°F), fiebre baja. Luz de Fondo de Color Rojo: más alto que 38°C (100.4°F), fiebre alta. Exactitud de el Termómetro Infrarrojo de Frente sin Contacto 32°C to 34.9°C / 89.6°F to 94.8°F: ± 0.3°C/0.6°F 35°C to 42°C / 95°F to 107.6°F: ± 0.2°C/0.4°F 42.1°C to 43°C / 107.8°F to 109.4°F: ± 0.3°C/0.6°F De Acuerdo con ASTM Standard E1965-1998 (2009)



Cámara Termografica

Marca: UNI-T

Ref. (UTi80)



Datos técnicos

Rango de temperaturas	-30°C~400°C
Precisión de mediciones	-30-0°C: ±3.5°C, 0°C~100°C: ±2°C, 101°C~400°C: ±2%
Emisividad	0.1-0.99 ajustable
relación D:S	20:01
Resolución de mediciones	0.1°C/°F
Tiempo de respuesta	150 ms
Resolución IR	4800 píxeles (80×60)
Dimensiones de píxel	17 µm
Banda de frecuencias de espectro IR	8~14 µm
Campo de visión (FOV)	50° horizontal
Resolución espacial (IFOV)	11 mrad
Sensibilidad térmica	150 mk
Frecuencia de fotogramas	≥9 Hz
Formato de imágenes	BMP
Cámara de espectro visible	2 megapíxeles
Resistencia a caídas	de hasta 1 m
Batería	3.7 V / 2600 mAh
Tiempo de funcionamiento autónomo	3~4 horas
Pantalla	2.4" LCD TFT
Dimensiones	205 × 124 × 65 mm

Fuente: Autor



Encuesta de Sensación Térmica

Tabla 6 Encuesta realizada

Nombre:		Fecha:		Ciudad:	
1)Cuál es la hora más caliente del día. Marque con una (X)					
7am	8am	9am	10am	11am	12am
13pm	14pm	15pm	16pm	17pm	18pm
2) ¿Siente que su casa es fresca incluso durante la hora más caliente del día? Sí _____ No _____					
3) ¿Estando al interior de su casa usted suda? Sí _____ No _____					
4) ¿Durante las primeras Horas de la Noche (7 pm a 11pm) su casa es Fresca o Caliente? Fresca (Temperatura agradable) _____ Caliente (Temperatura bochornosa que hace sudar) _____					
5) ¿Siente que su casa está bien ventilada? Sí _____ No _____					
6) ¿Al interior de su casa entra la luz directa del sol? Sí _____ No _____					
7) ¿Cuántos ventiladores o abanicos tienen en su casa? 1) _____ 2) _____ 3) _____ 4) _____ Más de 4) _____ Ninguno) _____					
8) ¿Cuánto tiempo usa los ventiladores de la casa? 1Hora) _____ 2Horas) _____ 3 Horas) _____ 4 Horas) _____ Más de 4 Horas) _____					
9) ¿Cuántos Aires acondicionados tiene en su casa? 1) _____ 2) _____ 3) _____ 4) _____ Más de 4) _____ Ninguno) _____					
10) ¿Cuánto tiempo usa los Aires Acondicionados de su Casa? 1Hora) _____ 2Horas) _____ 3 Horas) _____ 4 Horas) _____ Más de 4 Horas) _____					
11) ¿Siente que los muros de su casa desprenden mucho calor hacia el interior incluso en Horas de la Noche? Sí _____ No _____					
12) ¿Siente que Goza de una buena temperatura al interior de su casa? Sí _____ No _____					



13) Ubicación de la vivienda Ciudad de Clima Cálido seco____ Ciudad de Clima humedo____
14) El material de los muros de su casa es..... Concreto____ Ladrillo de Arcilla____ Ladrillo de cemento____ Madera____ Otra____
15) Estime la temperatura interior de su casa en Grados Celsius -°C. ____
16) ¿Autoriza visita Técnica para evaluación y diagnóstico Térmico? Sí____ No____
17) Firma _____
18) Cedula de Ciudadanía:
19) Dirección :

Fuente: Autor

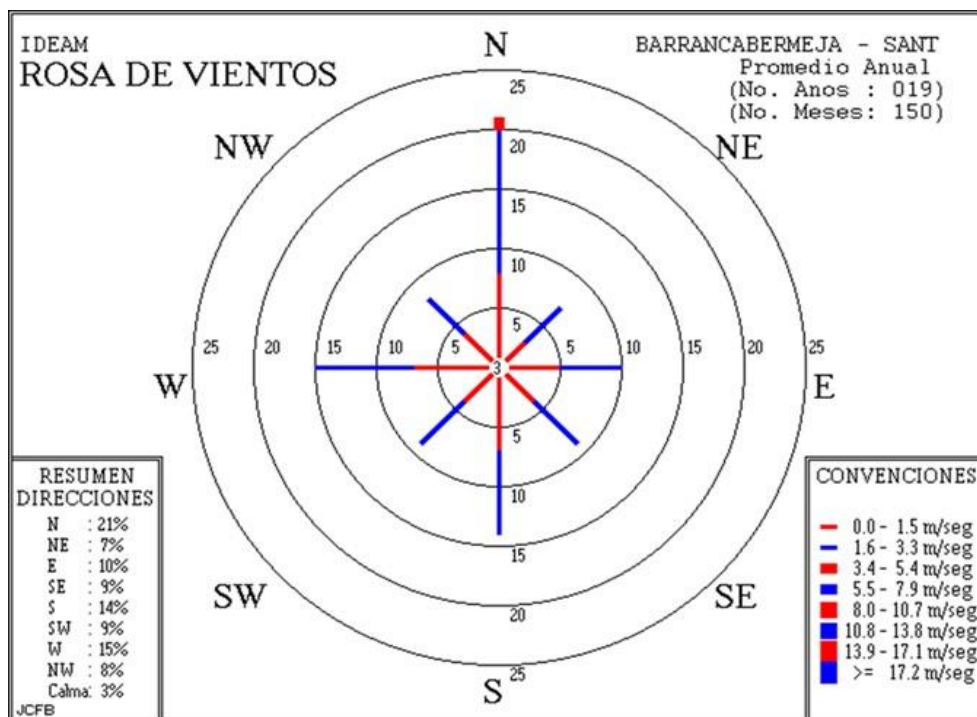


7. Análisis de Preexistencias

7.1 Ubicación y Topografía

La ciudad de Barrancabermeja está ubicada en el Centro Norte del país, con una altura de 75 metros sobre el nivel del mar cuenta con una temperatura máxima en el año de 33,7 grados centígrados en el mes de febrero, con una humedad relativa del 53% y temperatura máxima de 31,1 grados centígrados en el mes de mayo, con una humedad relativa de 66,9 y vientos en promedio entre 0,2 y 2,4 km/h durante todo el año provenientes de en su gran porcentaje del Norte.

Ilustración 6 Rosa de los vientos - Barrancabermeja



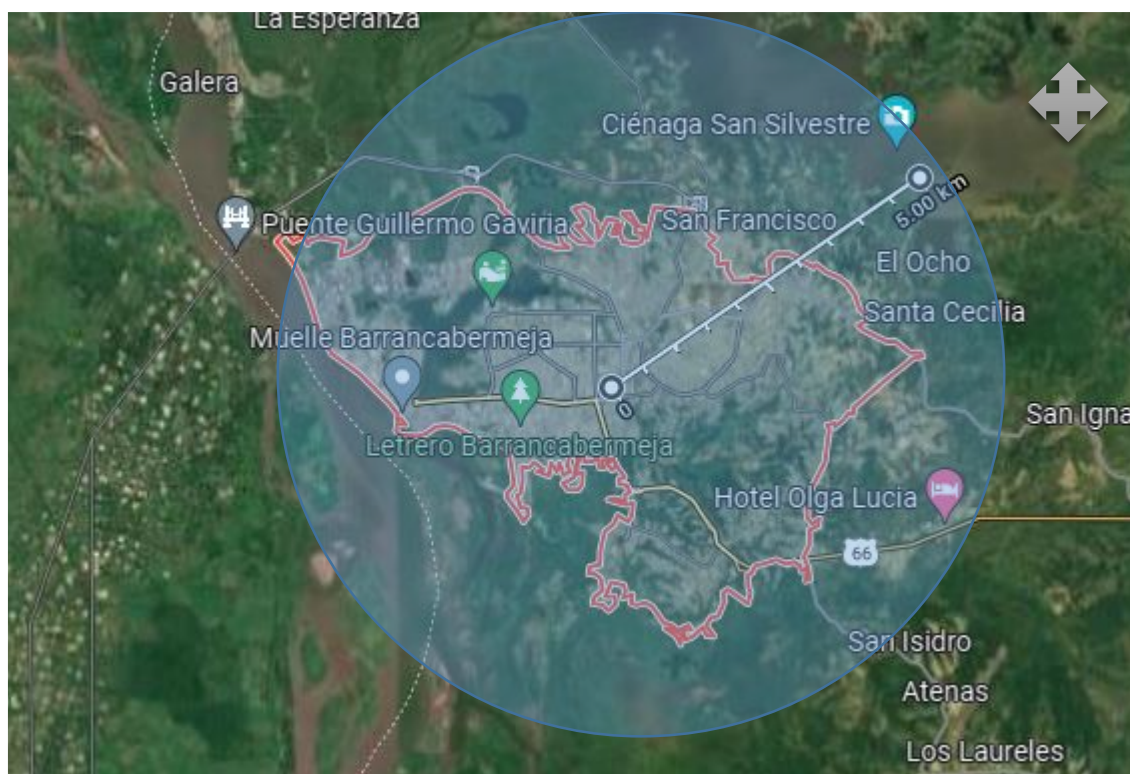
Fuente: (IDEAM, 2022).



Las coordenadas geográficas de Barrancabermeja son latitud: $7^{\circ}3'47,95''$, longitud: $-73^{\circ}51'0,99''$, y elevación: 75 m. La topografía en un radio de 5 kilómetros de Barrancabermeja contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 110 metros.

A un radio de 5 kilómetros de Barrancabermeja está rodeada de un bosque húmedo tropical, la ciénaga san silvestre, ciénaga brava, y ciénaga juan esteban a su alrededor funcionan como reservorio del río magdalena que a la izquierda de la ciudad drena sus aguas al norte hasta llegar a bocas de ceniza en Barrancabermeja.

Ilustración 7 Barrancabermeja en un radio de 5KM



Fuente: (IDEAM, 2022).



Energía solar

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2,5 meses, del 5 de enero al 21 de marzo, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 5,4 kWh. El mes más resplandeciente del año en Barrancabermeja es febrero, con un promedio de 5,7 kWh. El periodo más obscuro del año dura 2,4 meses, del 22 de septiembre al 2 de diciembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 4,4 kWh. El mes más oscuro del año en Barrancabermeja es octubre, con un promedio de 4,1 kWh. (Spark, 2022).

Caracterización Climática – diagnóstico de confort Térmico. (Dr. Gabriel Gomez-Azpeitia)

Tabla 7 Diagnóstico de confort Térmico

Nombre del sitio	Urbanización Ciudad del Sol Barrancabermeja
Latitud	7,0566
Longitud	-73,8169
Altitud	75

Fuente: (Gómez, 2016).

Tabla 8 Diagnóstico de confort Térmico

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Temperatura máxima	32,8	33,1	32,6	32	31,8	32	32,4	32,4	31,7	31,1	31,2	31,7	°C
Temperatura mínima	23,6	23,8	23,8	23,7	23,5	23,4	23,2	23,1	22,9	23	23,3	23,5	°C
Humedad relativa promedio	74	73	77	81	82	81	78	79	81	83	83	80	%

Fuente: (Gómez, 2016).



Temperatura y humedad relativa por horas

Tabla 9 Temperatura y humedad relativa por horas

TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS																								
Regresar a Inicio																								
NOMBRE DEL SITIO		Sol - Barrancabermeja										Procedimiento de cálculo de medias horarias desarrollado por Tejeda, A. (1990)												
LATITUD		7,06 °										Temperatura de confort estimada con el modelo de ANSI-ASHRAE 55: 2010												
LONGITUD		-74 °																						
HORAS	TEMPERATURA °C												HUMEDAD %											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	25,4	25,6	24,9	24,7	24,5	24,4	24,3	24,3	24,0	24,0	24,8	25,1	84,6	84,1	89,7	94,3	95,2	94,6	92,1	92,7	94,7	95,6	93,4	90,2
2	25,0	25,2	24,6	24,4	24,3	24,2	24,1	24,0	23,8	23,8	24,5	24,8	86,0	85,5	90,7	95,3	96,2	95,6	93,1	93,8	95,8	96,6	94,8	91,6
3	24,7	24,9	24,4	24,3	24,1	24,0	23,9	23,8	23,6	23,6	24,2	24,5	87,2	86,7	91,5	96,1	97,0	96,4	94,0	94,6	96,6	97,4	95,9	92,8
4	24,4	24,6	24,3	24,1	23,9	23,9	23,7	23,6	23,4	23,4	24,0	24,3	88,2	87,6	92,1	96,7	97,6	97,0	94,6	95,3	97,3	98,1	96,9	93,7
5	24,2	24,5	24,1	24,0	23,8	23,7	23,6	23,5	23,3	23,3	23,9	24,1	88,9	88,4	92,6	97,2	98,1	97,4	95,1	95,8	97,8	98,5	97,6	94,4
6	24,1	24,3	24,1	23,9	23,8	23,7	23,5	23,4	23,2	23,2	23,7	24,0	89,5	88,9	92,9	97,5	98,4	97,7	95,4	96,1	98,1	98,9	98,2	95,0
7	24,0	24,3	24,1	24,2	24,1	24,0	23,9	23,7	23,4	23,2	23,7	23,9	89,6	89,0	92,9	96,4	97,0	96,2	93,8	94,8	97,3	98,9	98,2	95,1
8	24,8	25,1	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,6	25,1	24,8	24,3	24,6	86,9	85,9	85,8	89,5	89,7	88,7	86,2	87,3	90,2	92,3	95,5	92,5
9	26,7	27,0	28,1	28,0	28,0	28,1	28,2	28,0	27,3	26,9	26,0	26,2	79,7	78,6	76,9	80,4	80,4	79,3	76,6	77,6	80,7	83,4	88,5	85,5
10	28,9	29,3	30,3	30,0	29,9	30,1	30,4	30,2	29,5	28,9	27,8	28,2	71,3	70,3	68,4	72,0	72,0	70,8	67,9	68,7	71,7	74,8	80,3	77,3
11	30,8	31,3	31,8	31,4	31,3	31,5	31,9	31,8	31,0	30,4	29,5	30,0	63,8	62,8	62,1	65,9	66,0	64,9	61,8	62,4	65,2	68,4	73,0	69,9
12	32,3	32,7	32,7	32,1	32,1	32,2	32,7	32,6	31,9	31,2	30,8	31,3	58,3	57,4	58,6	62,7	62,9	61,8	58,6	59,0	61,6	64,7	67,6	64,5
13	33,1	33,5	32,9	32,3	32,2	32,3	32,8	32,7	32,1	31,4	31,4	32,0	55,2	54,4	57,7	62,1	62,5	61,4	58,1	58,4	60,8	63,7	64,6	61,4
14	33,3	33,7	32,6	32,0	31,8	31,9	32,4	32,3	31,7	31,2	31,6	32,2	54,3	53,7	59,0	63,5	64,0	63,0	59,8	60,0	62,2	64,9	63,9	60,6
15	33,1	33,4	32,0	31,3	31,1	31,2	31,6	31,6	31,1	30,6	31,4	32,0	55,4	54,9	61,6	66,3	66,9	65,9	62,8	63,0	65,1	67,5	64,9	61,6
16	32,4	32,7	31,1	30,5	30,3	30,3	30,7	30,7	30,2	29,8	30,8	31,4	57,8	57,3	65,1	69,9	70,6	69,7	66,6	66,8	68,8	70,9	67,2	63,9
17	31,6	31,8	30,1	29,5	29,3	29,4	29,7	29,6	29,2	28,9	30,1	30,7	61,0	60,6	69,0	73,7	74,5	73,7	70,7	70,9	72,9	74,8	70,4	67,0
18	30,6	30,9	29,1	28,6	28,4	28,5	28,7	28,6	28,2	28,0	29,3	29,8	64,6	64,2	72,8	77,6	78,4	77,6	74,7	75,0	76,9	78,6	73,9	70,6
19	29,6	29,9	28,2	27,8	27,6	27,6	27,7	27,7	27,3	27,1	28,5	28,9	68,3	68,0	76,4	81,2	82,0	81,3	78,5	78,8	80,7	82,2	77,6	74,2
20	28,7	28,9	27,4	27,0	26,8	26,8	26,9	26,8	26,5	26,4	27,7	28,1	71,9	71,5	79,6	84,4	85,3	84,5	81,8	82,2	84,1	85,5	81,1	77,7
21	27,8	28,1	26,7	26,4	26,2	26,1	26,2	26,1	25,8	25,7	26,9	27,3	75,2	74,8	82,4	87,2	88,0	87,3	84,7	85,2	87,1	88,3	84,3	81,0
22	27,1	27,3	26,1	25,8	25,6	25,6	25,6	25,5	25,2	25,2	26,3	26,6	78,1	77,7	84,8	89,5	90,4	89,7	87,2	87,7	89,6	90,7	87,1	83,8
23	26,4	26,6	25,6	25,4	25,2	25,1	25,1	25,0	24,7	24,7	25,7	26,0	80,7	80,2	86,8	91,5	92,4	91,7	89,2	89,7	91,7	92,7	89,6	86,3
24	25,8	26,1	25,2	25,0	24,8	24,7	24,7	24,6	24,3	24,3	25,2	25,5	82,8	82,3	88,4	93,0	93,9	93,3	90,8	91,4	93,4	94,3	91,7	88,4
Promedio	28,1	28,4	27,8	27,4	27,3	27,3	27,4	27,3	26,9	26,7	27,2	27,6	74,1	73,5	78,2	82,7	83,3	82,5	79,7	80,3	82,5	84,2	83,2	80,0
Oscilación	9,3	9,4	8,9	8,4	8,4	8,6	9,3	9,3	8,9	8,2	7,9	8,3	35,2	35,3	35,2	35,4	35,9	36,4	37,3	37,7	37,3	35,2	34,4	34,5
Confort	26,5	26,6	26,4	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,1	26,1	26,2	26,3												
Hoja de cálculo desarrollada por Dr. Gabriel Gómez Azpeitia																								
Universidad de Colima, México																								

Fuente: (Gómez, 2016).



Diagrama de Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio por mes

Ilustración 8 Diagrama de Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio por mes

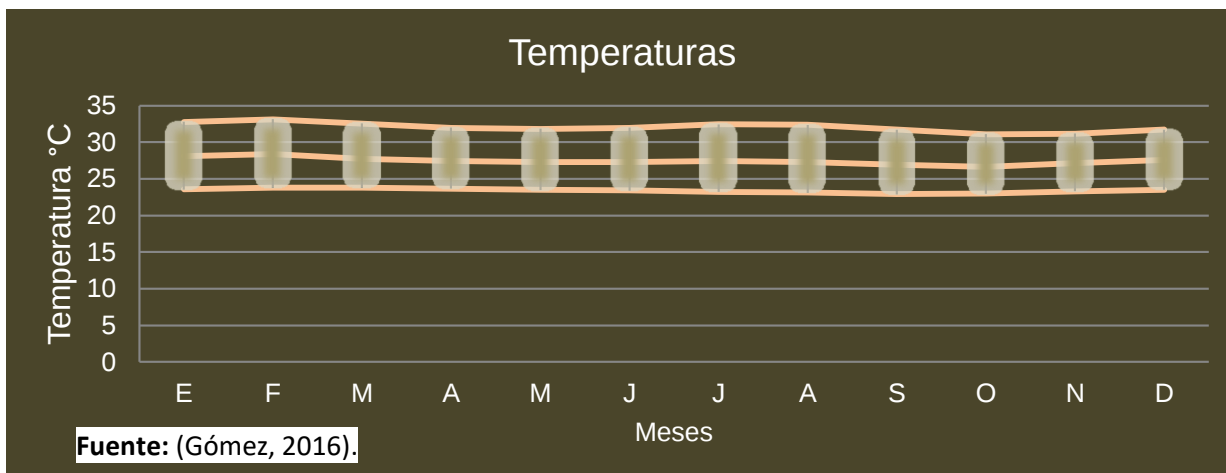


Diagrama de Temperaturas Horarias por mes

Ilustración 9 Diagrama de Temperaturas Horarias por mes

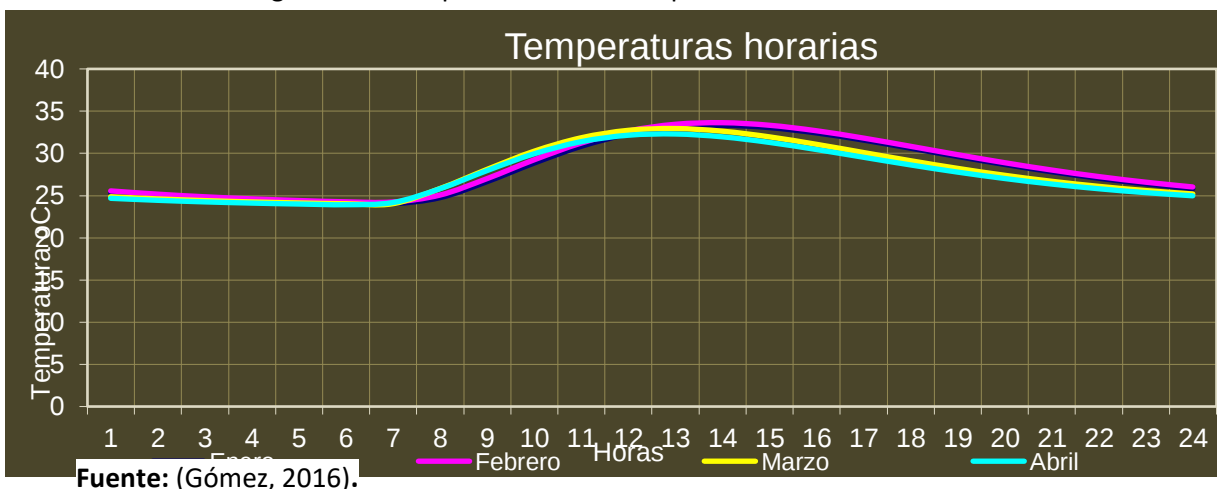
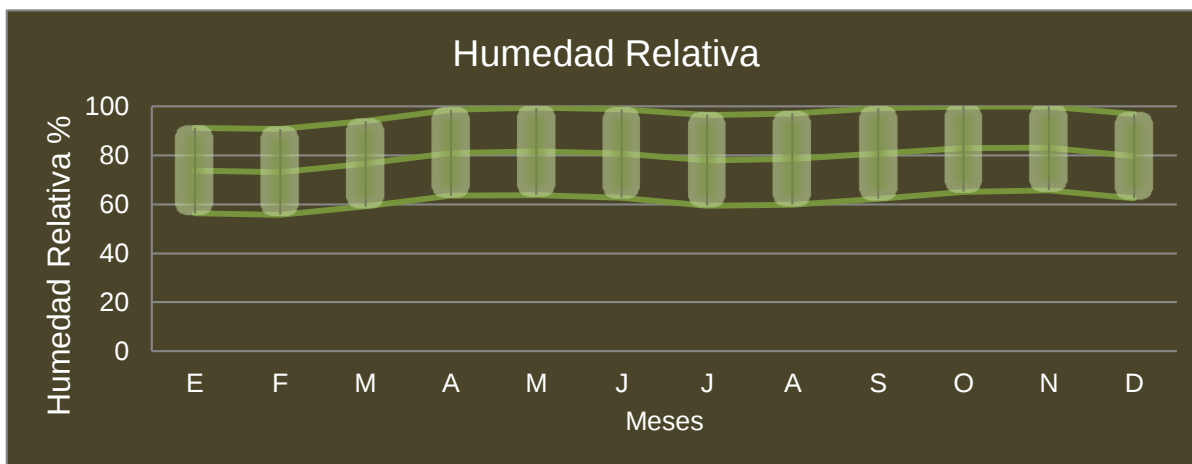




Diagrama de Humedad relativa por mes

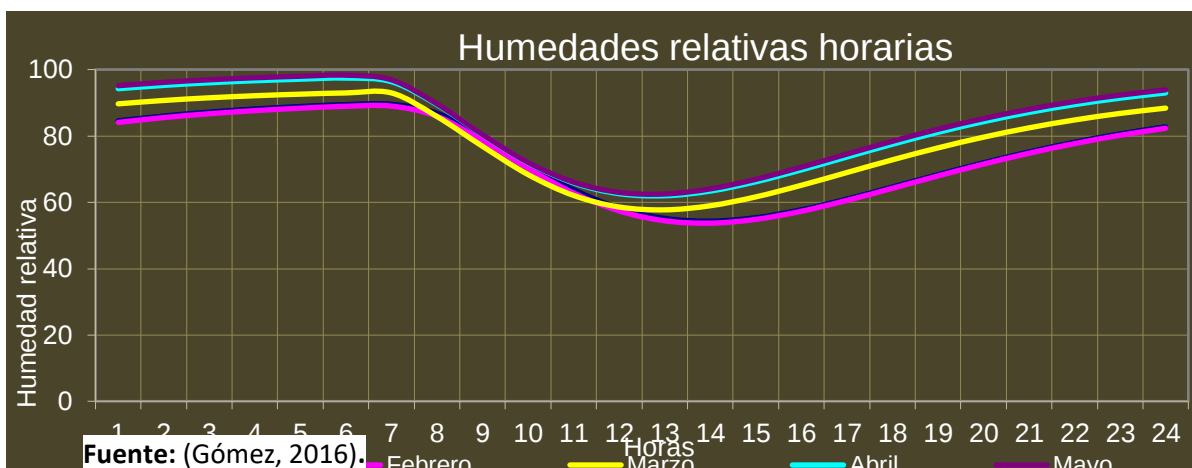
Ilustración 10 Diagrama de Humedad relativa por mes



Fuente: (Gómez, 2016).

Diagrama de Temperaturas Horarias por mes

Ilustración 11 Diagrama de Temperaturas Horarias por mes



Fuente: (Gómez, 2016).



Diagrama de Hisohigras por mes

Ilustración 12 Diagrama de Hisohigras por mes

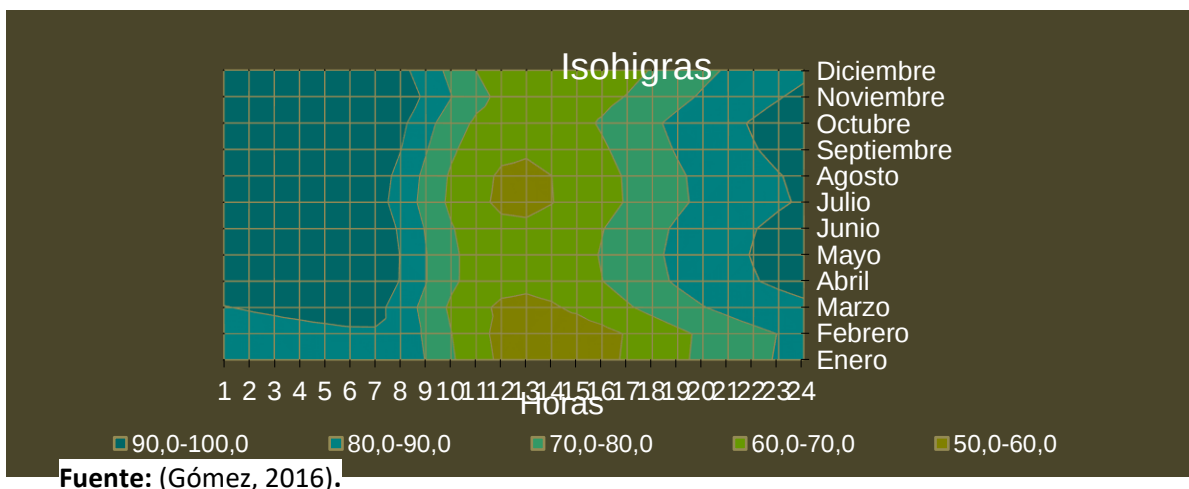
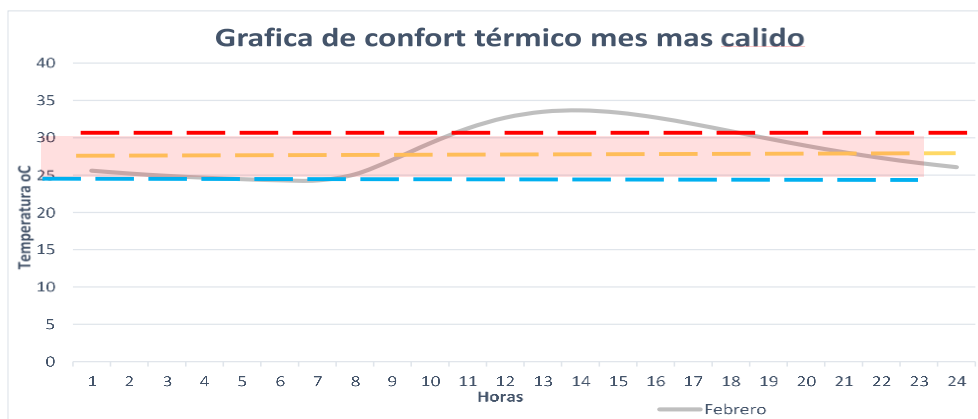


Ilustración 13 Diagrama de Confort Térmico – (febrero) mes más cálido

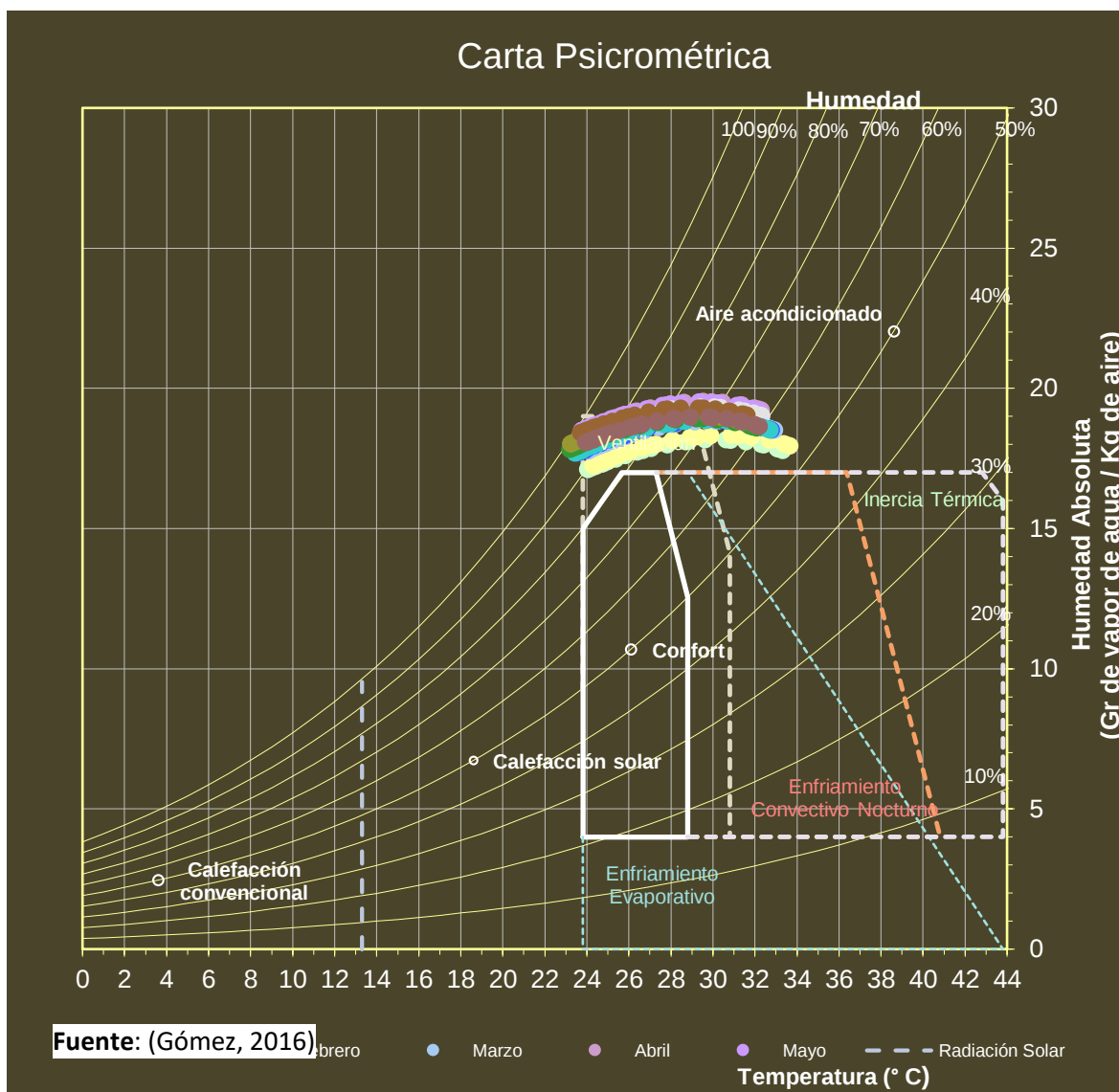
$$\text{Temperatura Neutral (Tn)} = 17.6 + (0.31 \times 28,4) = 26,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$$



Fuente: (Gómez, 2016).



Ilustración 14 Diagrama de confort Térmico por Carta Psicrometrica





Análisis estereográfico digital del proyecto (vis) caso de estudio.

Información y datos preliminares de la zona Caso de estudio.

Departamento: Santander

Ciudad: Barrancabermeja Urbanización: Ciudad del Sol

Dirección: Carrera 76 A 48B-17 Bloque 2 Torre 2 Manzana 2 apartamento 504

Propietaria: Dellys Alejandra Pacheco López

Tabla 10 Google maps y vivienda objeto de estudio

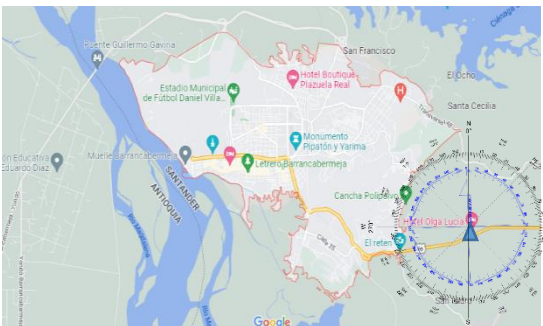
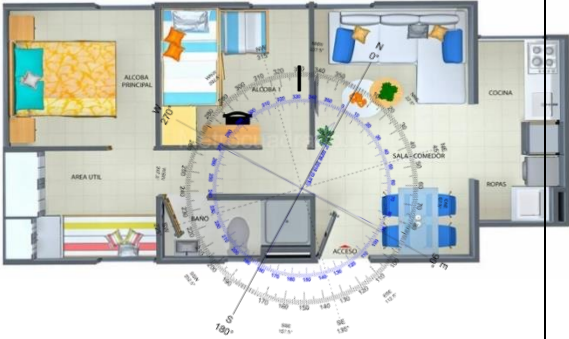
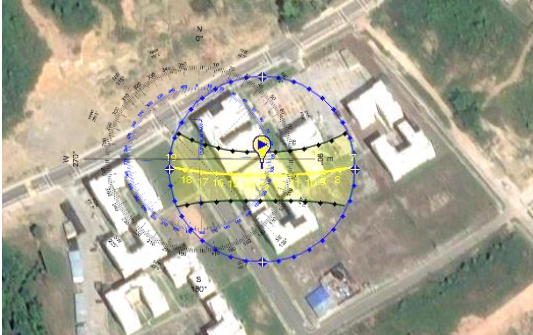
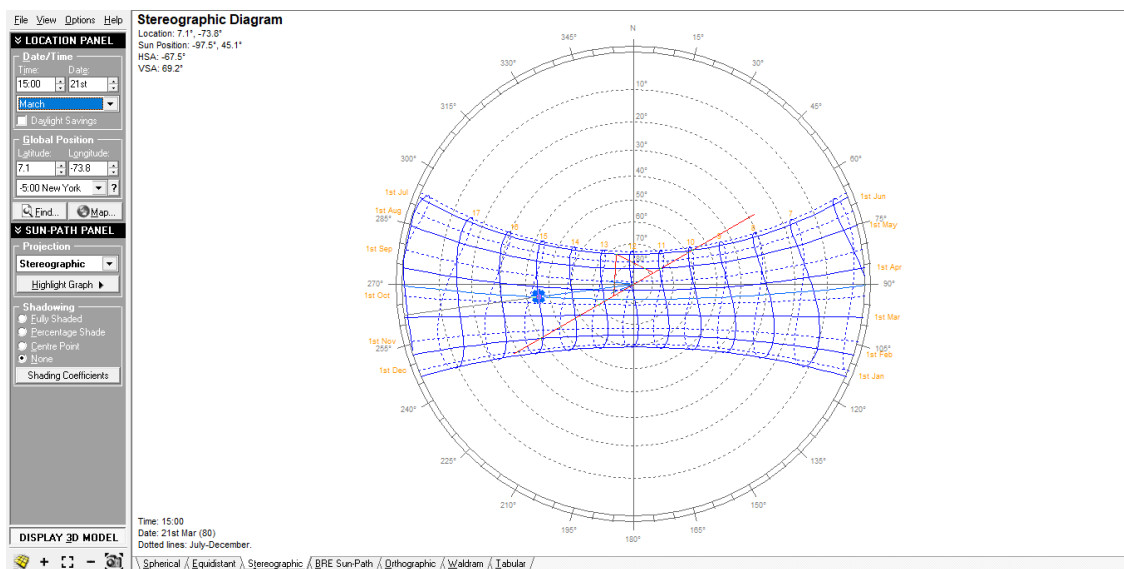
Imagen / Descripción	Imagen / Descripción
 Fuente: Google maps	 Fuente: Autor
	

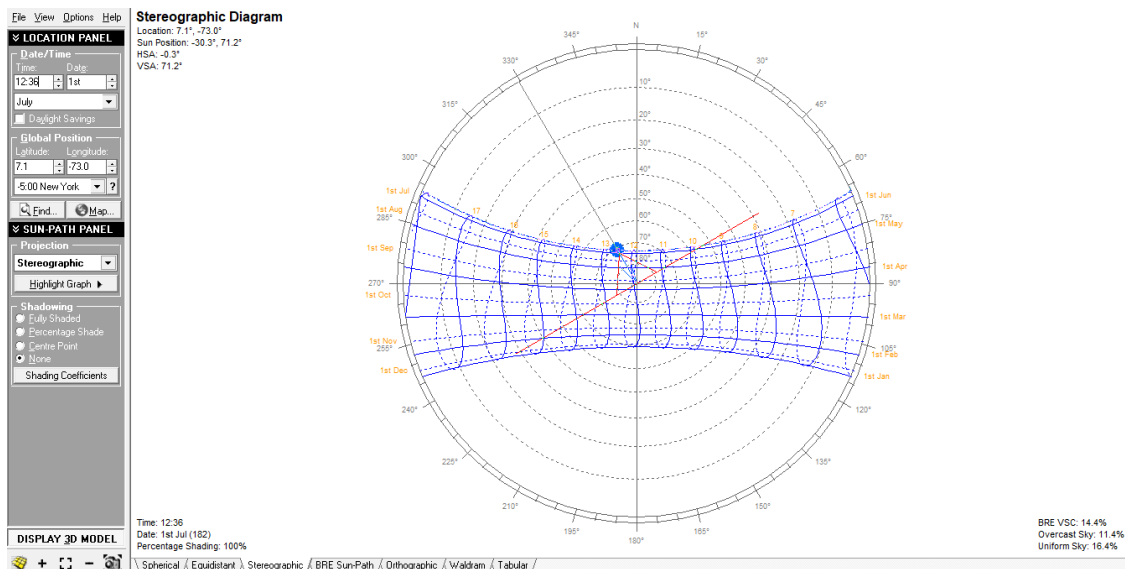


Ilustración 15 Diagrama estereográfico



Fuente: Solar Tool 2.0

El diagrama estereográfico modela una fachada orientada 30 grados al noroccidente el 21 de marzo a las 15 horas, con azimut solar de $-97,5^\circ$ y un ángulo de altura solar de $45,1^\circ$ y con una diferencia azimutal entre el 21 de diciembre y el 21 de junio de 46° en la horizontal, lo que hace que exista una mayor incidencia solar perpendicular a la fachada de estudio el 1 de julio a las 12:36 pm con un azimut de -30° y un ángulo de altura solar de $71,2^\circ$.

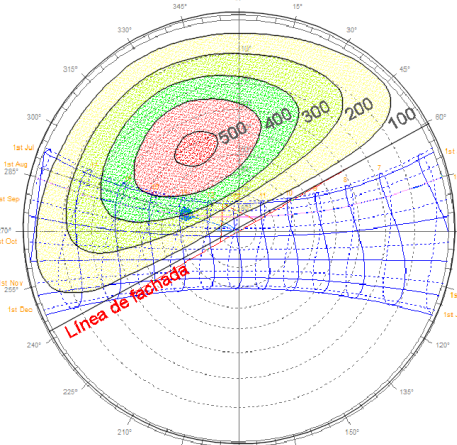
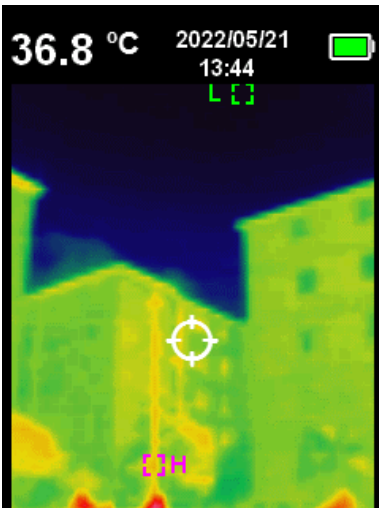


Fuente: Solar Tool 2.0



Análisis de incidencia solar (Irradiancia) sobre un plano vertical por el método de mascarilla de irradiación.

Tabla 11 Análisis de incidencia solar (Irradiancia)

Irradiación solar vertical sobre fachadas	Análisis descriptivo
	Fecha del análisis: Mayo 21 de 2022 Hora: 13:44 Energía Instantánea que incide sobre la superficie vertical (irradiancia): 400 W/m² (irradiación acumulada entre 11 am y 2 pm): 1,66 KWh/m² Solar mascarilla de irradiación.
	Imagen termografica captada el 21 de mayo de 2022 a las 13:44. Temperatura aproximada de fachada de 36,8 °C

Fuente: Autor



Análisis de incidencia solar (Irradiancia) sobre un plano vertical por el método de mascarilla de irradiación.

Tabla 12 Análisis de incidencia solar (Irradiancia)

ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR VERTICAL					
Hora	Irradiancia Potencia instantánea	Irradiación Energía=Irradiancia recibida/hora			Energía Acumulada Hora
	w/m2	Wh/m2	1 W = 1J/s	1 J/s = 0,0036 Kwh	Kw/h*m
6	0	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0	0,00	0,00	0,00	0,00
11	10	5,00	5,00	0,02	0,02
12	100	5,00	55,00	0,20	0,22
13	200	150,00	150,00	0,54	0,76
14	300	250,00	250,00	0,90	1,66
15	340	320,00	320,00	1,15	2,81
16	320	330,00	330,00	1,19	4,00
17	250	285,00	285,00	1,03	5,02
18	80	165,00	165,00	0,59	5,62
Acumulado	1600	1600	1600,00	5,76	

Fuente: Autor

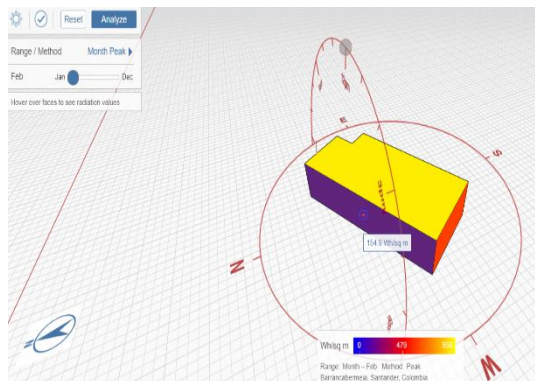
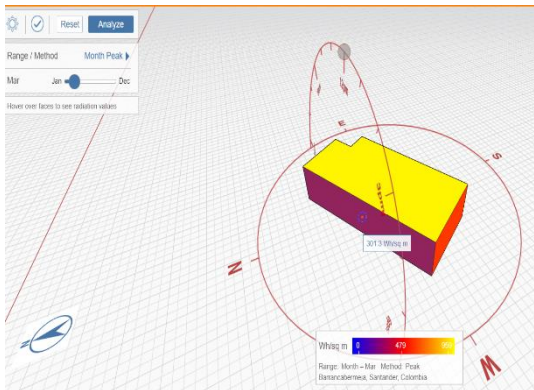
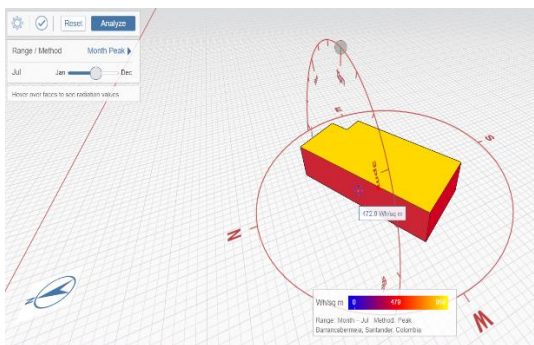
Curva de Irradiancia hora día y área bajo la curva entre 11 am y 2 pm.

Ilustración 16 Análisis de incidencia solar (Irradiancia)





Tabla 13 Análisis estereográfico de incidencia solar

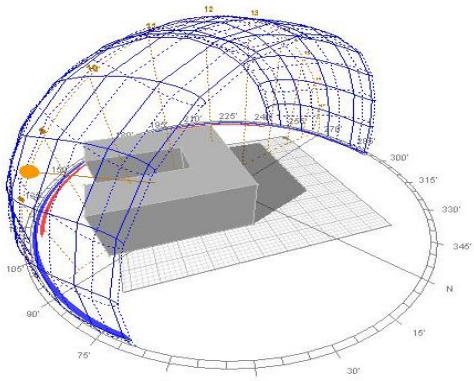
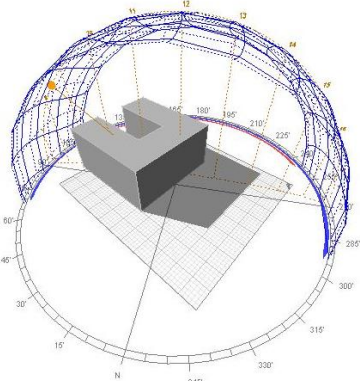
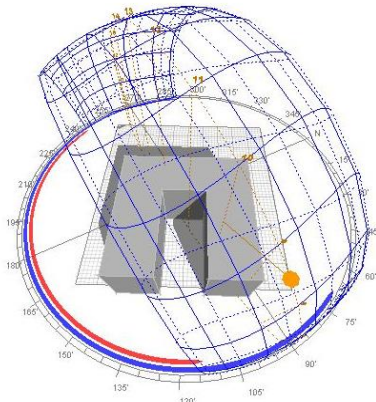
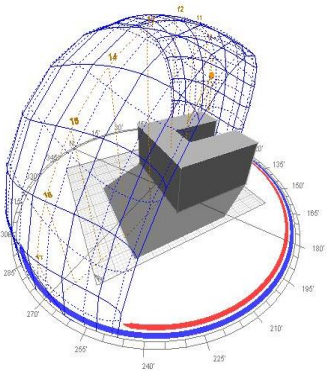
MODELADO DIGITAL – INCIDENCIA SOLAR PROMEDIO DIARIO - MESES CRÍTICOS		
Febrero		Incidencia solar Horaria promedio día para el mes de Febrero Fachada noroccidental: 155 Wh/m2. Placa de Cubierta: 950 Wh/m2.
Marzo		Incidencia solar Horaria promedio día para el mes de Marzo Fachada noroccidental: 301 Wh/m2. Placa de Cubierta: 980 Wh/m2.
Julio		Incidencia solar Horaria promedio día para el mes de Julio Fachada noroccidental: 473 Wh/m2. Placa de Cubierta: 940 Wh/m2.

Fuente: FormIt Pro



Análisis estereográfico y proyección de sombras Hora 8.

Tabla 14 Análisis estereográfico y proyección de sombras Hora 8.

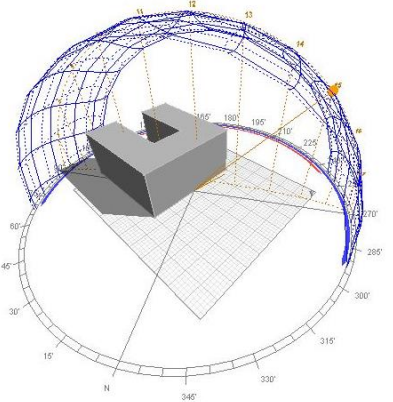
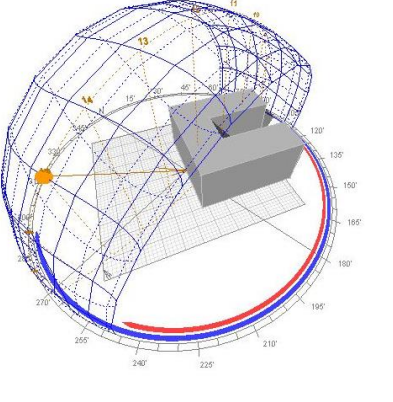
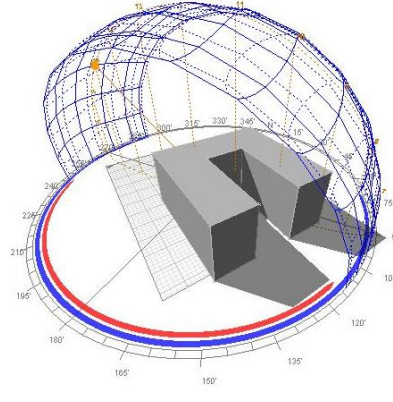
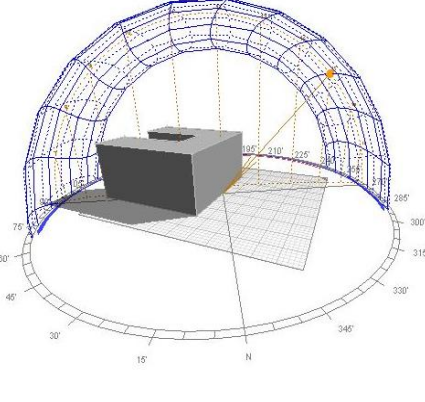
COMPORTAMIENTO SOLAR Y REFLEJO DE SOMBRAS	COMPORTAMIENTO SOLAR Y REFLEJO DE SOMBRAS
	
	
El analisis realizado para el dia 21 de marzo a las 8 am muestra una incidencia solar sobre los costados nororiental y sur oriental del edificio y una incidencial total sobre la horizontal (placa de cubierta del edificio). La imágenes muestran la proyeccion de sombras del edificio para la fachada de estudio entre las 6 am y 12 am con una inclinacion solar entre 0 y 81 ° y un azimut entre 90 y 175 °.	

Fuente: Solar Tool 2.0



Análisis estereográfico y proyección de Hora 15.

Tabla 15 Análisis estereográfico y proyección de Hora 15.

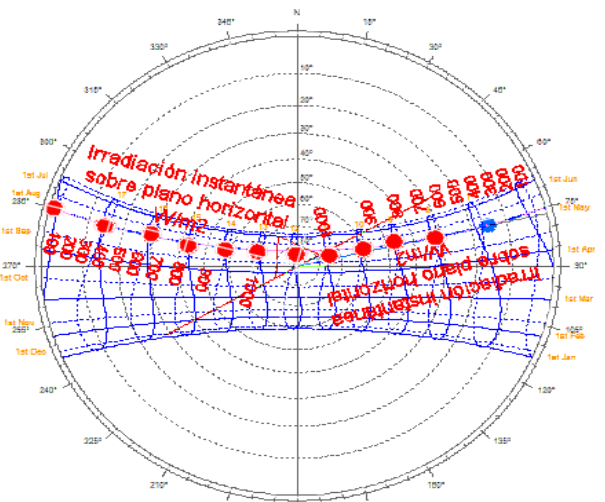
COMPORTAMIENTO SOLAR Y REFLEJO DE SOMBRAS	COMPORTAMIENTO SOLAR Y REFLEJO DE SOMBRAS
	
	
El analisis realizado para el dia 21 de marzo a las 3 pm muestra una incidencia solar sobre la fachada de estudio y una incidencia total sobre la horizontal (placa de cubierta del edificio) y se estima una irradiacion vertical de hasta 5,6 KWh/m2. Las imágenes muestran la proyeccion de sombras del edificio hacia el costado nor oriental entre las 12 m y 5 pm.	

Fuente: Solar Tool 2.0



Análisis de incidencia solar - irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación

Tabla 16 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación

IRRADIACIÓN SOLAR HORIZONTAL SOBRE CUBIERTAS	ANÁLISIS DESCRIPTIVO
 Fuente: Solar Tool 2.0	La mascarilla de irradiación instantánea sobre el plano horizontal muestra un valor de energía instantánea sobre la superficie de 800 W/m² el día 21 de marzo a las 15 horas.
 Fuente: Autor	Para el estudio de caso se deberá tener en cuenta que la cubierta del piso final del edificio es una loza maciza en hormigón con manto impermeabilizante y pintura de Alumol plateada para reflejar la luz solar.



Análisis de incidencia solar - irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación

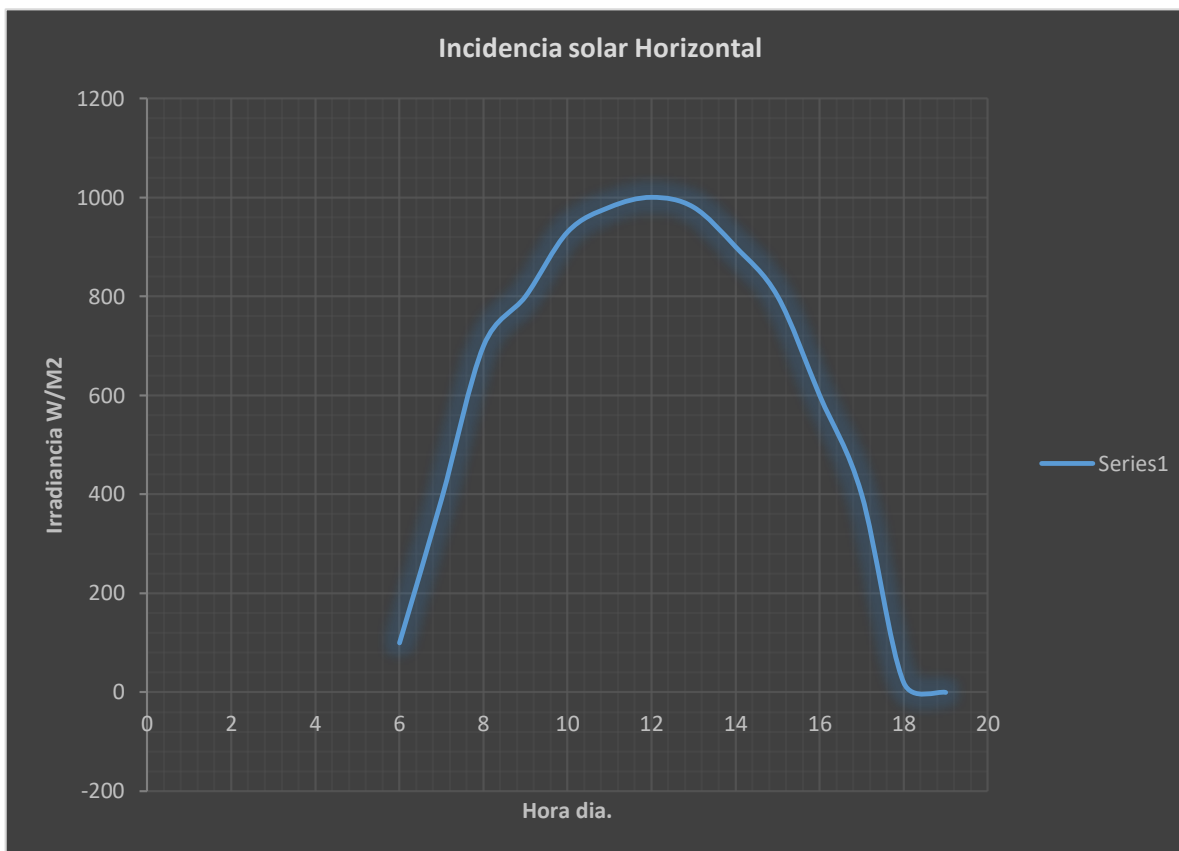
Tabla 17 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación

HORA	IRRADIANCIA	IRRADIACIÓN		ENERGÍA ACUMULADA
	potencia instantánea	Irradiancia recibida por hora		
	W/m2	Wh/m2	KW/h*m2	Kw/h*m2
6	100	50,00	0,18	
7	390	245,00	0,88	0,882
8	700	545,00	1,96	2,844
9	800	750,00	2,70	5,544
10	930	865,00	3,11	8,658
11	980	955,00	3,44	12,096
12	1000	990,00	3,56	15,66
13	980	990,00	3,56	19,224
14	900	940,00	3,38	22,608
15	800	850,00	3,06	25,668
16	600	700,00	2,52	28,188
17	400	500,00	1,80	29,988
18	20	210,00	0,76	30,744
19	0			
	8600	8590,00	30,92	

Fuente: Autor



Ilustración 17 Irradiación Horizontal por método de mascarilla de irradiación



Fuente: Autor



Tabla 18 Incidencia solar de la Fachada de estudio

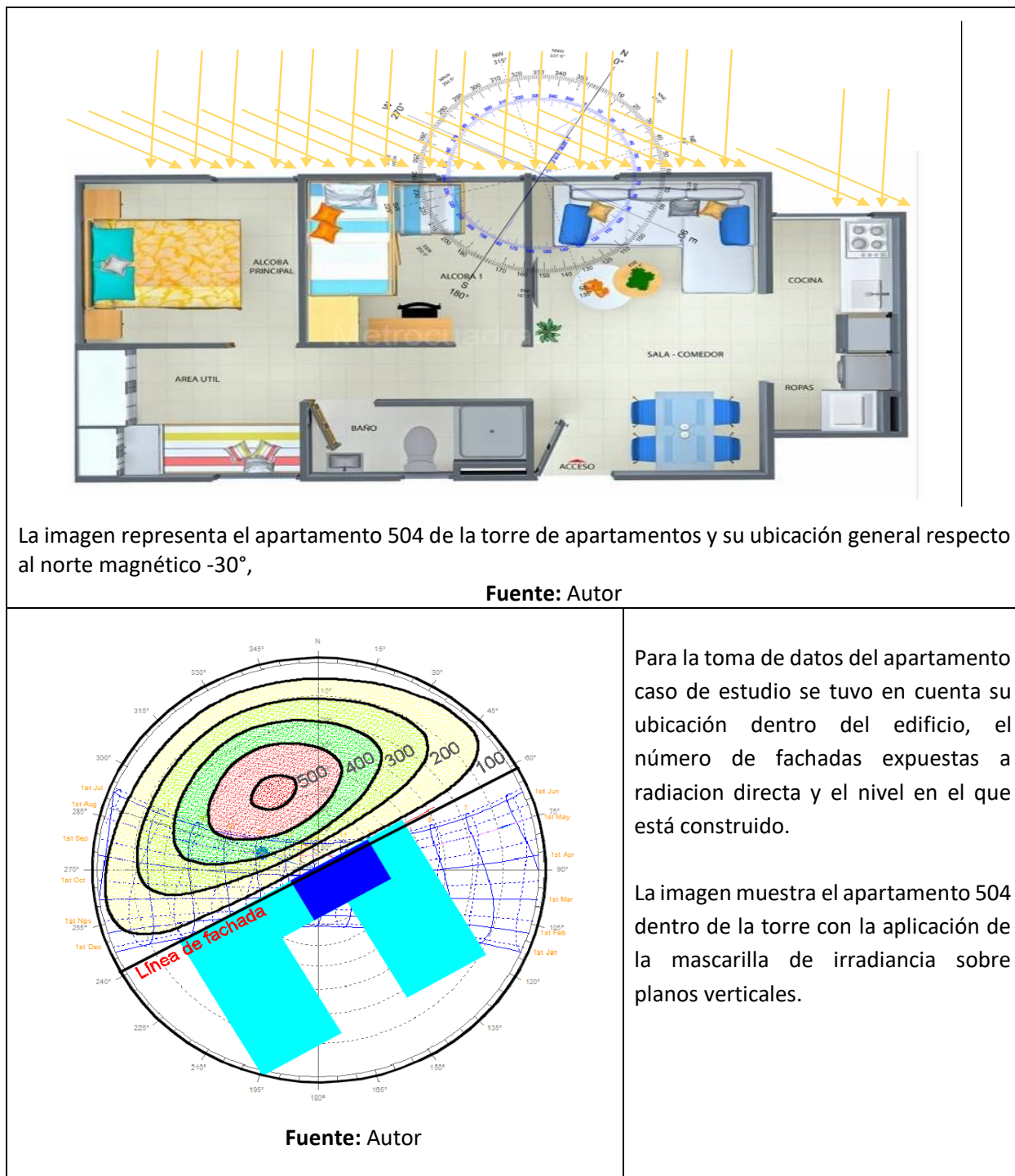




Tabla 19 Registro térmico en sitio apartamento VIS caso de estudio (marzo 21 de 2022)

Material	Ubicación	Rumbo				fecha	día Juliano (j)	Hora	Espesor (e)	Temperatura operativa Interna	Gradiente de temperatura (T2 T1)		Diferencial de Temperatura (Δt)
		N	E	S	W				M		T1 (Ext)	T2 (Int)	°C
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	10:00	0,09	31,4	29,6	29,4	-0,2
	2 Muro E - Sala				x			10:00	0,09		29,8	29,1	-0,7
	3 Muro E - Habitación - 2				x			10:00	0,08		30,3	29,7	-0,6
	4 Muro E - Habitación -1				x			10:00	0,08		30,7	29,6	-1,1
	5 Muro W - Estudio		x					10:00	0,08		30,5	29,6	-0,9
	6 Muro W - Baño		x					10:00	0,08		30	29,2	-0,8
	7 Placa	x	x	x	x			10:00	0,08			29,2	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	11:00	0,08	32,1	30,3	30	-0,3
	2 Muro E - Sala				x			11:00	0,08		30,3	29,7	-0,6
	3 Muro E - Habitación - 2				x			11:00	0,08		30,2	29,6	-0,6
	4 Muro E - Habitación -1				x			11:00	0,08		30,2	29,6	-0,6
	5 Muro W - Estudio		x					11:00	0,08		29,7	29,2	-0,5
	6 Muro W - Baño		x					11:00	0,08		30	29,4	-0,6
	7 Placa	x	x	x	x			11:00	0,08			33,5	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	12:00	0,12	33,8	33,5	33,1	-0,4
	2 Muro E - Sala				x			12:00	0,08		33	32,8	-0,2
	3 Muro E - Habitación - 2				x			12:00	0,08		33,1	32,2	-0,9
	4 Muro E - Habitación -1				x			12:00	0,08		33,2	33,1	-0,1
	5 Muro W - Estudio		x					12:00	0,08		32,1	31,9	-0,2
	6 Muro W - Baño		x					12:00	0,08		32	31,2	-0,8
	7 Placa	x	x	x	x			12:00				38,4	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	16:00	0,08	34,6	33,6	33,5	-0,1
	2 Muro E - Sala				x			16:00	0,08		33,2	31,9	-1,3
	3 Muro E - Habitación - 2				x			16:00	0,08		33,4	32,6	-0,8
	4 Muro E - Habitación -1				x			16:00	0,08		33	32,2	-0,8
	5 Muro W - Estudio		x					16:00	0,08		31,8	31,9	0,1
	6 Muro W - Baño		x					16:00	0,08		32,3	32,5	0,2
	7 Placa	x	x	x	x			16:00				38,1	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	16:30	0,08	34,8	35,9	34,7	-1,2
	2 Muro E - Sala				x			16:30	0,08		34,1	32,9	-1,2
	3 Muro E - Habitación - 2				x			16:30	0,08		33,9	33,3	-0,6
	4 Muro E - Habitación -1				x			16:30	0,08		33,5	32,5	-1,0
	5 Muro W - Estudio		x					16:30	0,08		31,9	31,8	-0,1
	6 Muro W - Baño		x					16:30	0,08		32,7	32,6	-0,1
	7 Placa	x	x	x	x			16:30				38,4	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	17:00	0,08	35,9	36,5	35,6	-0,9
	2 Muro E - Sala				x			17:00	0,08		34,2	33,5	-0,7
	3 Muro E - Habitación - 2				x			17:00	0,08		33,7	33,6	-0,1
	4 Muro E - Habitación -1				x			17:00	0,08		33,4	32,5	-0,9
	5 Muro W - Estudio		x					17:00	0,08		31,8	31,5	-0,3
	6 Muro W - Baño		x					17:00	0,08		32,7	32,3	-0,4
	7 Placa	x	x	x	x			17:00				38,4	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	17:30	0,08	34,8	32,9	34,5	-1,6
	2 Muro E - Sala				x			17:30	0,08		33	33,6	-0,6
	3 Muro E - Habitación - 2				x			17:30	0,08		32,4	33,6	-1,2
	4 Muro E - Habitación -1				x			17:30	0,08		32,1	32,5	-0,4
	5 Muro W - Estudio		x					17:30	0,08		30,9	31,7	-0,8
	6 Muro W - Baño		x					17:30	0,08		32,3	32,9	-0,6
	7 Placa	x	x	x	x			17:30				38,6	
concreto	1 Muro E - Cocina				x	21/03/2022	80,00	18:00	0,08	34,2	33	34,2	-1,2
	2 Muro E - Sala				x			18:00	0,08		32,2	33,5	-1,3
	3 Muro E - Habitación - 2				x			18:00	0,08		32,3	33,5	-1,2
	4 Muro E - Habitación -1				x			18:00	0,08		31,6	32,3	-0,7
	5 Muro W - Estudio		x					18:00	0,08		31,3	32	-0,7
	6 Muro W - Baño		x					18:00	0,08		32	32,7	-0,7
	7 Placa	x	x	x	x			18:00				35,7	



Tabla 20 Registro fotográfico - Temperatura operativa (marzo)

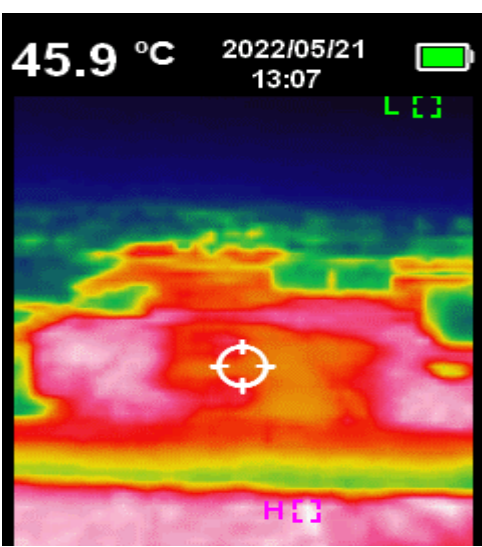
	
Espesor de muros de concreto 8 cm	Registro de temperatura operativa interior VIS (Muro Interno – fachada de estudio)
 Proyecto de Grado - Odoifer Arias - Análisis Térmico 7°3'23", -73°49'0", 118.0m, 297° 21/03/2022 16:54:22	 Proyecto de Grado - Odoifer Arias - Análisis Térmico 7°3'23", -73°49'0", 121.0m, 154° 21/03/2022 16:54:08
Temperatura operativa interior VIS – 4:54 pm (zona social)	Temperatura operativa interior VIS – 4:54 pm (zona social)

Fuente: Autor



Análisis Termográficos

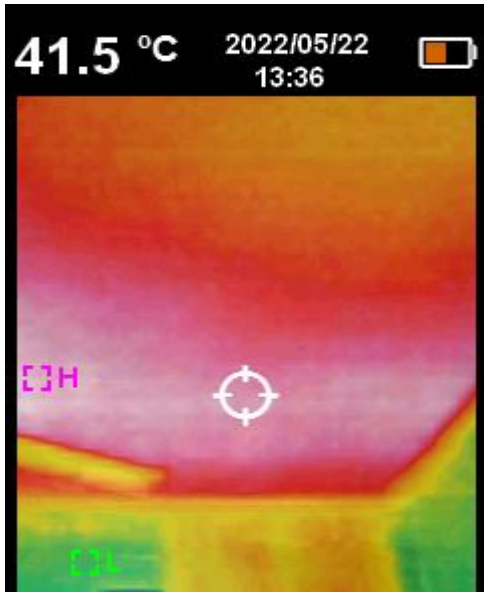
Tabla 21 Análisis Termográficos de placa de cubierta - superficie externa

	
CUBIERTA CON MUESTRA DE DEPÓSITOS DE AGUA POR PROBLEMAS DE ESCORRENTÍA.	
	
Las imágenes termográficas evidencian que las zonas de depósito de agua lluvia que presentan una coloración negra al no reflejar la luz solar tienen más ganancia de energía, por lo que sus temperaturas son más altas.	

Fuente: Autor



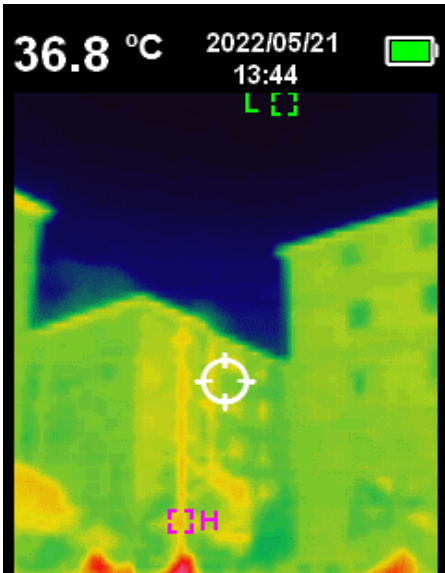
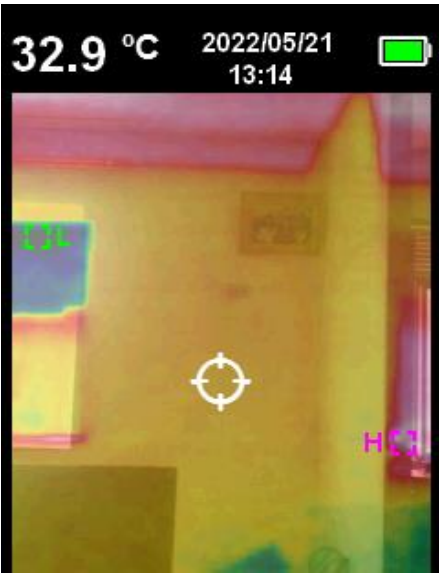
Tabla 22 Análisis Termográficos de placa de cubierta - superficie interna

 Proyecto de Grado Odoifer Arias - Analisis termico 7°3'23", -73°49'0", 101.0m, 296° 21/05/2022 17:06:53	 Proyecto de Grado Odoifer Arias - Analisis termico 7°3'23", -73°49'0", 126.0m, 9° 21/05/2022 17:07:19
Imagen interna del apartamento VIS caso de estudio (Sala comedor)	Imagen interna del apartamento VIS caso de estudio (Sala - cocina)
 39.9 °C 2022/05/22 13:37	 41.5 °C 2022/05/22 13:36
Imagen térmica del proceso de transferencia de energía de la placa de cubierta – sala y corredor de habitaciones	Imagen térmica del proceso de transferencia de energía de la placa de cubierta – sala y cocina

Fuente: Autor



Tabla 23 Análisis Termográficos de fachada de estudio

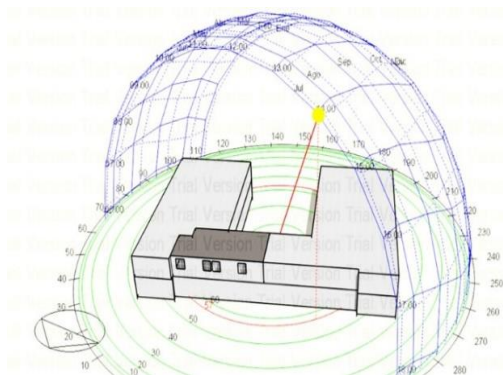
 Proyecto de Grado - Odoifer Arias - Análisis Térmico 7°3'24", -73°49'0", 89.0m, 169° 21/03/2022 15:46:46	 Proyecto de Grado Odoifer Arias - Análisis térmico 7°3'23", -73°49'0", 121.6m, 42° 21/05/2022 17:07:13
Vista general fachada nororiental	Vista general área interna apartamento VIS
 36.8 °C 2022/05/21 13:44	 32.9 °C 2022/05/21 13:14
Termografía de la fachada nororiental apartamento de estudio	Termografía superficie interna del muro fachada de estudio – (Sala)

Fuente: Autor



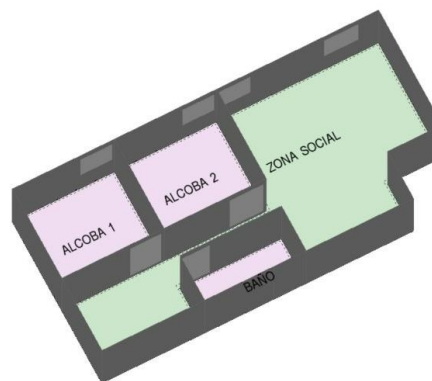
Tabla 24 Simulación Térmica Apartamento caso de estudio sin protección térmica

Estereografía para análisis de comportamiento de temperaturas



Fuente: Arq. Omar Barranco programa Design Builder

Modelo 3d de apartamento VIS



Fuente: Arq. Omar Barranco programa Design Builder

Tabla de materiales de cubierta sin protección

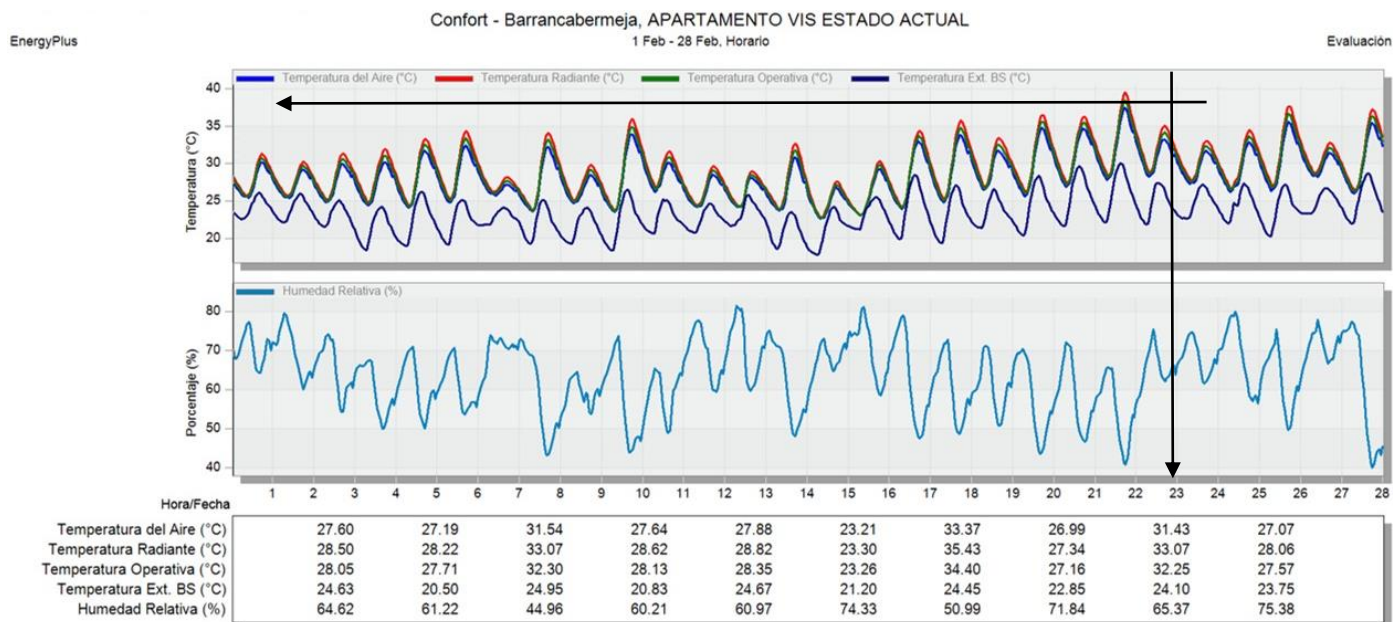
Información - Datos	
Ayuda	Datos
✓ + ✖	
Plasterboard	0.0150
Espesor (m)	
Puentes térmicos	No
Superficie externa	
Fijar coeficiente de transferencia de calor por c...	No
Superficie interna	
Fijar coeficiente de transferencia de calor por c...	No
Sección	
Superficie exterior	
15.00mm Asphalt 1"	
90.00mm Cast Concrete	
Superficie interior	
Superficie interior	
Coeficiente de transferencia de calor por conv...	4.460
Coeficiente de transferencia de calor por radia...	5.540
Resistencia superficial (m²·K/W)	0.100
Superficie exterior	
Coeficiente de transferencia de calor por conv...	19.870
Coeficiente de transferencia de calor por radia...	5.130
Resistencia superficial (m²·K/W)	0.040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m²·K)	6.569
Valor R (m²·K/W)	0.292
Valor U (W/m²·K)	3.422
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0.1100
Límite superior de resistencia (m²·K/W)	0.292
Límite inferior de resistencia (m²·K/W)	0.292
Valor U de superficie a superficie (W/m²·K)	6.569
Valor R (m²·K/W)	0.292
Valor U (W/m²·K)	3.422

La presente simulación busca obtener los valores de incidencia térmica sobre la superficie interna y externa de la envolvente de concreto y su impacto en la temperatura operativa sin ningún tipo de aislamiento térmico. por lo cual se calcula el Valor U de transmitancia térmica de 3,442 (W/m²k) y una resistencia térmica (R) de 0,292 (m²·K/W)



Resultados de simulación comportamiento térmico – Apartamento VIS - Caso de estudio sin protección.

Ilustración 18 Resultados de simulación comportamiento térmico



Fuente: Fuente: Arq. Omar Barranco programa Design Builder

Observaciones; Máxima temperatura registrada según simulación:

Fecha: febrero 21

Hora: 5 pm

Temperatura Operativa máxima: 37 °C



8. Resultados y análisis

8.1 Diagnostico térmico

Problema 1 – Ganancia térmica en placa de cubierta.

El apartamento caso de estudio, al encontrarse ubicado en el último piso de la torre, cuenta con una exposición directa a la radiación sobre el plano horizontal y en la actualidad no cuenta con ningún tipo de elemento o sistema que la proteja de la energía calórica desprendida por el sol, esto hace que la placa de cubierta almacene el máximo de energía que puede retener gracias a la alta masa térmica que caracteriza al concreto, que es el material con el que se encuentra construida.

La alta masa térmica no solo hace que el elemento como tal desprenda calor a altas temperaturas, sino que funciona como puente térmico, trasladando parte de esa energía calórica a los muros divisorios tanto externos como interno del habitáculo. Las imágenes térmicas producto del presente estudio muestran una placa que alcanza los 52 °C en el área externa y hasta 42 °C en el área interna situación que indefectiblemente afecta la temperatura de confort o temperatura de operatividad.

Como problema secundario se encuentra que la coloración negra sobre la placa no permite el reflejo instantáneo de la luz del sol, lo que hace que en esas zonas se concentre más energía y alcancen las altas temperaturas registradas. Debido a que la placa de cubierta es el elemento que mayor temperatura aporta a la alteración del confort térmico interno, llegando a registrarse temperaturas operativas internas de 35°C el 21 de marzo a las 5 pm en visita al sitio, y según datos de simulación para



el mes de febrero temperaturas de 37 °C, se recomienda diseñar una estrategia de climatización pasiva para contrarrestar dicha patología.

Problema 2 – Radiación solar directa a través de ventanas.

La incidencia solar directa sobre las fachadas suroriental y noroccidental y la ubicación de la ventanearía sobre dichos costados sin ningún tipo de protección hacen que el apartamento caso de estudio eleve su temperatura interna dado que la radiación incidente sobre los pisos y paredes del apartamento eleven su ganancia térmica y posteriormente la liberen por convección dentro del habitáculo.

Problema 3 – Ganancia térmica por Radiación solar directa sobre la envolvente.

La incidencia solar directa sobre las fachadas suroriental y noroccidental y el material con el que está construido en su totalidad el edificio que en este caso es de Concreto, permite que el apartamento tenga un comportamiento ineficiente ya que las condiciones climáticas y térmicas de la ciudad de Barrancabermeja exigen de los materiales de construcción altas resistencias térmicas, en ese orden el concreto que reúne características mecánicas insuperables, en términos de confort térmico se queda corto.

La alta masa térmica que favorece al concreto como material de envolvente funciona muy bien en ciudades de clima frío donde se puede aprovechar la radiación solar, almacenándola en el día y liberándola en la noche, pero en las ciudades de clima cálido seco y cálido húmedo se requieren materiales que resistan la radiación solar con una baja conductividad térmica y que el calor que naturalmente absorban debido a su inercia térmica sea liberado de forma fácil y rápida.



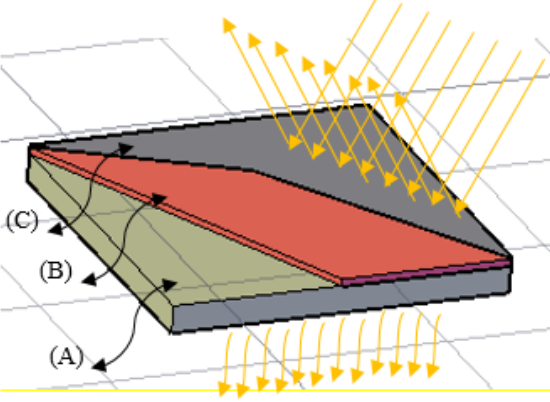
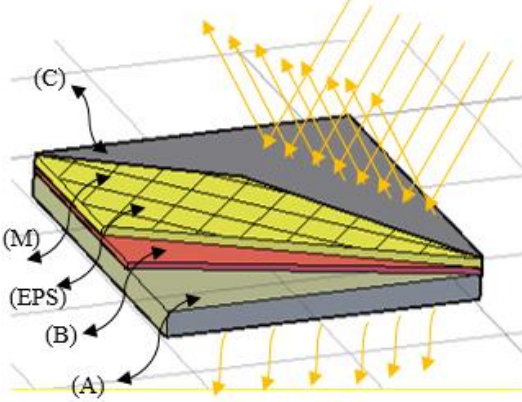
8.2 Alternativas pasivas de Climatización

Solución 1 – Aislamiento térmico para Placa de Cubierta

Debido a la situación que presenta el apartamento caso de estudio al estar ubicado dentro de un condominio de propiedad horizontal, no se podrán realizar trabajos que afecten la circulación por la misma al ser un área social, por lo tanto, Una solución para la problemática encontrada consiste en un revestimiento externo con una lámina de Poliestireno expandido de espesor 3cm sujeta a la placa de concreto con una malla plástica para evitar puentes térmicos. La conductividad térmica del Poliestireno de 0,027 k(W/m.°K), funcionara como escudo amortiguador de la energía recibida por la radiación solar directa, antes de que la misma impacte a la placa de concreto de entrepiso que tiene un espesor de 9 cm y una conductividad térmica de 0,8 k(W/m.°K). Sobre lamina que funcionará como aislante térmico y la malla de sujeción, se deberá instalar nuevamente el manto impermeabilizante respetando las pendientes de drenaje de aguas lluvias.



Tabla 25 Aislamiento térmico para Placa de Cubierta

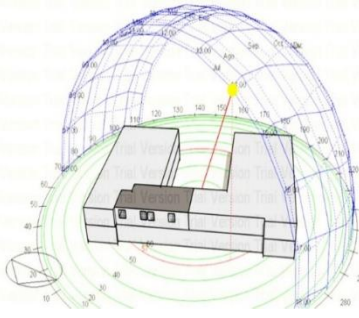
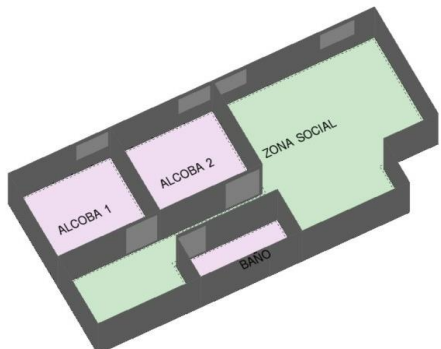
	
Placa sin Protección. Placa concreto macizo Espesor 8 cm Mortero de nivelación 1,5 cm Manto impermeabilizante con pintura reflectiva. R= Resistencia térmica $R_t = R_A + R_B + R_C + R_{\text{aire-ext.}} + R_{\text{aire.int}}$ $R = e/\lambda$ $R_t = (0,08/0,8) + (0,015/1,2) + (0,003/0,75) + (0,01/0,024) + (0,03/0,24)$ $R_t = 0,28 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ $U = 1/R_t$ $U = 3,57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	Placa con Protección Pasiva. Placa concreto macizo Espesor 8 cm Mortero de nivelación 1,5 cm (EPS) Panel Aislante en poliestireno (M) Malla Plástica Manto impermeabilizante con pintura reflectiva R= Resistencia termica $R_t = R_A + R_B + R_C + R(\text{EPS}) + R_{\text{aire-ext.}} + R_{\text{aire.int}}$ $R = e/\lambda$ $R_t = (0,08/0,8) + (0,015/1,2) + (0,03/0,75) + (0,03/0,029) + (0,01/0,024) + (0,03/0,24)$ $R_t = 1,32 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ $U = 1/R_t$ $U = 0,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Fuente: Autor

Para efectos de cálculos y análisis de Resultados se procede a hacer una simulación del efecto del nuevo material sobre la temperatura de operación del apartamento VIS - Caso de estudio.



Tabla 26 Simulación Térmica Apartamento caso de estudio

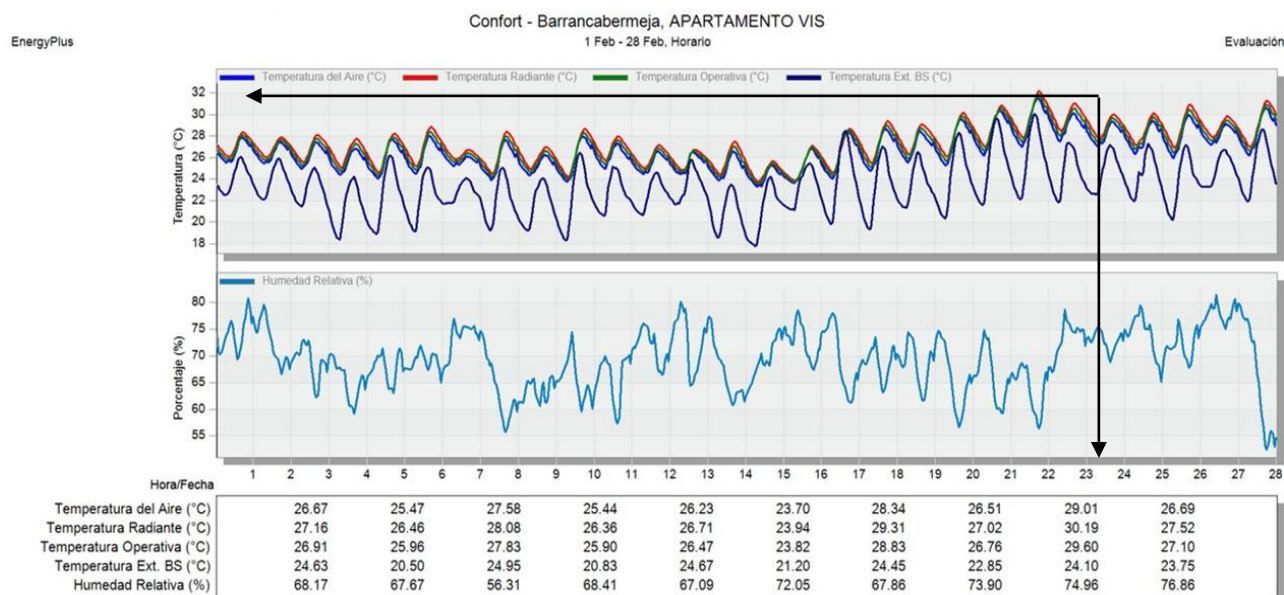
SIMULACIÓN TÉRMICA APARTAMENTO CASO DE ESTUDIO CON PROTECCIÓN TÉRMICA EN CUBIERTA.		
Modelado Digital		
	Estereografía para análisis de comportamiento de temperaturas	Modelo 3d de apartamento VIS
Modelado Digital	Información - Datos ✓ Ayuda Datos ✓ Plasterboard Espesor (m) 0.0050 Puentes térmicos No Superficie externa Fijar coeficiente de transferencia de calor por c... No Superficie interna Fijar coeficiente de transferencia de calor por c... No Sección Superficie exterior 15.00mm Asphalt 1 30.00mm Miscellaneous materials - polystyrene, expanded 80.00mm Cast Concrete Superficie interior Superficie interior Coeficiente de transferencia de calor por conv... 4.460 Coeficiente de transferencia de calor por radia... 5.540 Resistencia superficial (m²·K/W) 0.100 Superficie exterior Coeficiente de transferencia de calor por conv... 19.870 Coeficiente de transferencia de calor por radia... 5.130 Resistencia superficial (m²·K/W) 0.040 Sin Puentes Térmicos Valor U de superficie a superficie (W/m²·K) 0.706 Valor R (m²·K/W) 1.557 Valor U (W/m²·K) 0.642 Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946) Espesor (m) 0.1300 Límite superior de resistencia (m²·K/W) 1.557 Límite inferior de resistencia (m²·K/W) 1.557 Valor U de superficie a superficie (W/m²·K) 0.706 Valor R (m²·K/W) 1.557 Valor U (W/m²·K) 0.642	La presente simulación busca incorporar un material aislante como lo es el Poliestireno expandido (eps) dentro del elemento llamado Placa de Concreto, por lo cual se calcula un Valor U de transmitancia térmica de 0,642 (W/m²k) y una resistencia térmica (R) de 1,557 (m²·K/W)
	Tabla de materiales de cubierta con protección térmica.	

Fuente: Fuente: Arq. Omar Barranco programa Design Builder



Resultados de simulación comportamiento térmico – Apartamento VIS - Caso de estudio con protección.

Ilustración 19 Resultados de simulación comportamiento térmico



Fuente: Fuente: Arq. Omar Barranco programa Design Builder

Máxima temperatura registrada según simulación: Fecha: febrero 21 Hora: 5 pm Temperatura Operativa: 31,8 °C Diferencial de temperatura Operativa Max. (°C Placa sin aislante) – (°C Placa con Aislante) = 5,2 °C.

Los datos promedio de temperatura operativa arrojados por la simulación muestran una mejora significativa con valores entre 25,9 °C y 29,6 °C para el mes de febrero, característico en la ciudad de Barrancabermeja por ser el mes donde se registran las temperaturas más altas; al comparar estos valores con los de la gráfica de confort térmico del mes más cálido de la página se observa que el 65 % del mes

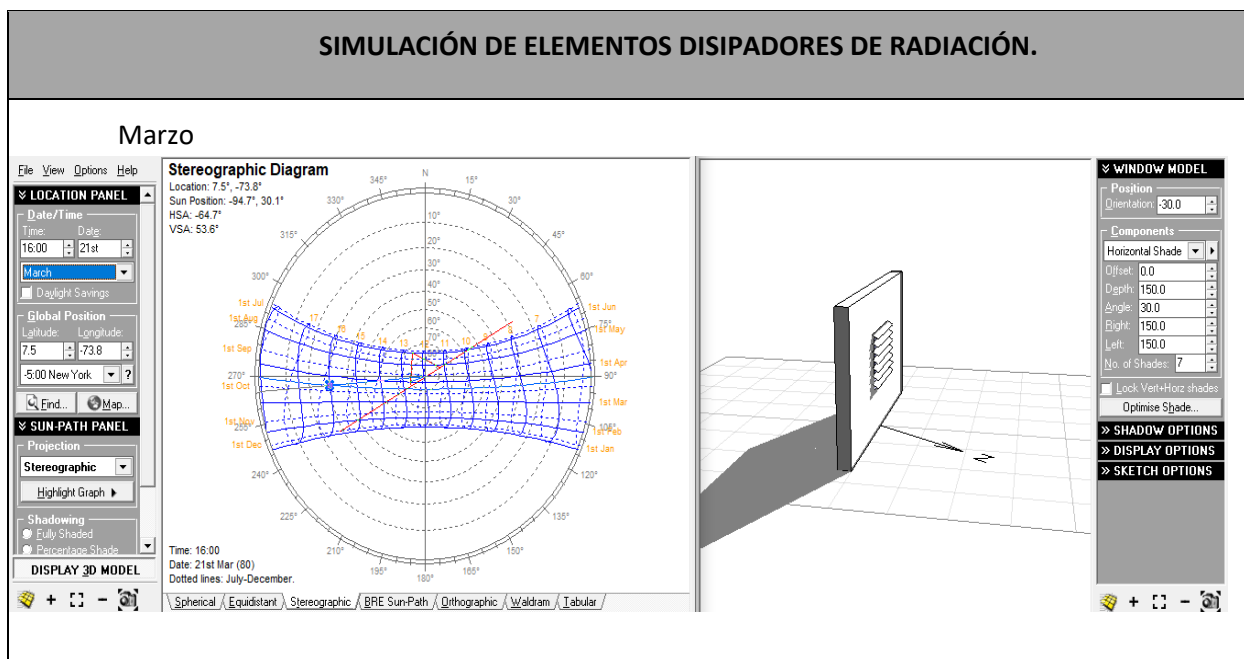


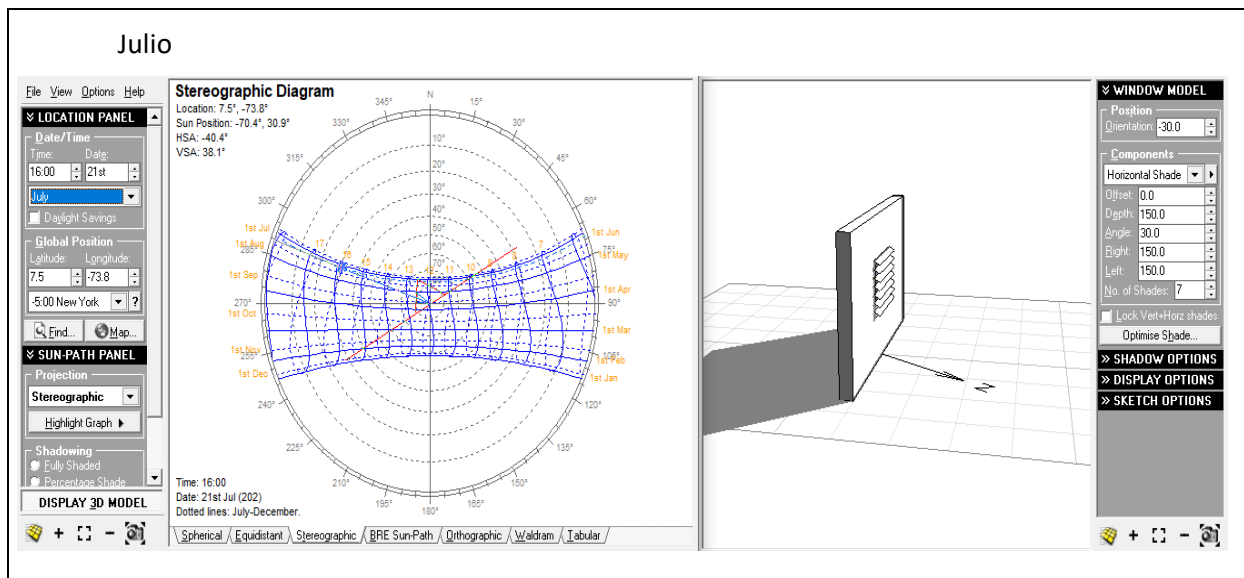
está dentro del rango de confort reduciendo significativamente el tiempo de uso y la energía empleada por sistemas de climatización mecánicos.

Solución 2 – Alternativa de elementos disipadores de radiación.

Los elementos disipadores de radiación como aleros y persianas se ponen a consideración del propietario con la aclaración previa de que para su instalación deberán contar con los permisos de la administración del condominio ya que las modificaciones a las fachadas en este tipo de propiedades horizontales tienen restricciones o son prohibidas.

Tabla 27 Simulación de Elementos disipadores de radiación.





Fuente: Solar Tool 2.0

Mediante el modelado de persianas en la versión gratuita del programa Solar Tool 2.0, se obtiene que, con un sistema de 7 láminas de 15 cm de ancho por 130 cm de largo, distribuidas en la altura de la ventana e inclinadas a 30 °C, se obtendrá la protección necesaria para la incidencia solar crítica correspondiente a la hora 16 del día tomando como referencia los meses de marzo y Julio. Las imágenes de ambos meses muestran que las persianas ubicadas como se especifica logran cortar en un 99% el paso de luz al interior del habitáculo. Para efectos del aprovechamiento de la ventilación como recomendación adicional se propone que el sistema sea abatible o deslizable para que las ventanas que dan a la fachada noroccidental permanezcan abiertas durante las horas de la mañana, y las que dan con la fachada sureste en las horas de la tarde.



Solución 3 – Mampostería en Bloques de mortero Aligerado + Escudo térmico – Bloque TS

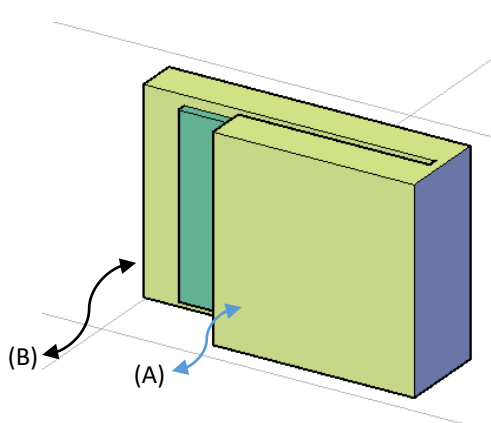
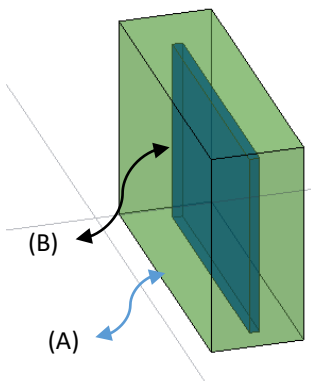
Proyectando una alternativa de solución para las envolventes de viviendas de interés social, se buscó traer a la práctica una solución que a la fecha no se ha tecnificado pero que dé a poco va mostrando su gran utilidad; la siguiente alternativa integra dos soluciones que permitirán obtener un elemento de mampostería versátil por su peso y aislante por el tipo de material integrado.

El Bloque TS llamado así para efectos de esta investigación y cuyas siglas (TS) Thermal Shield que traducen Escudo Térmico en español, busca brindar una solución práctica a la construcción de viviendas nuevas en las ciudades de clima cálido como la ciudad de Barrancabermeja, caso de estudio de este proyecto.

Los bloques de mortero aligerado o concreto celular para este caso se proponen en base al Documento Memorias 2008 Congreso Nacional De Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco México. El concreto celular busca aportar ligereza y manejabilidad y adicionalmente se incorporara una lámina de Poliestireno expandido de $e = 1$ cm que tendrá la función de cumplir la función de escudo térmico cortando la conductividad de calor y aumentando la resistencia al flujo del mismo. (TECNOLOGÍA, 2008).



Tabla 28 Bloques de mortero aligerado con panel Aislante Termico

BLOQUE TS 	BLOQUE TS 
Componente (A): Mortero aligerado con Aire Componente (B): Lamina de Poliestireno expandido e= 1cm dimensiones 28 cm x 18 cm Dimensiones del Bloque: Ancho: 9 cm - Alto: 20 cm - Largo: 30 cm	

Fuente: Autor

Para efectos comparativos de resultados, se fabricará un modelo igual sin inductor de aire y sin escudo térmico.

Tabla 29 Efectos comparativos de resultados.

BLOQUE MACIZO	BLOQUE TS
Dosificación por 1 bloque Cemento: 4,4 kg Arena: 9 kg Agua: 600 cc	Dosificación por 1 bloque Cemento: 1,7 kg Arena: 3.5 kg Agua: 250 cc Aditivo espumante: 20 cc en 70 cc de agua

Fuente: Autor



8.3 Fabricación experimental de bloques

Tabla 30 Fabricación experimental de bloques

BLOQUE MACIZO	BLOQUE TS
	
Molde metálico desarmable	Molde metálico desarmable con panel aislante
	
Materiales y Herramientas	Materiales y Herramientas

Fuente: Autor



BLOQUE MACIZO	BLOQUE TS
	
Molde metálico desarmable	Generador de espuma para inclusión de Aire
	
Desencofrado de bloque Macizo	Desencofrado de Bloque TS

Fuente: Autor

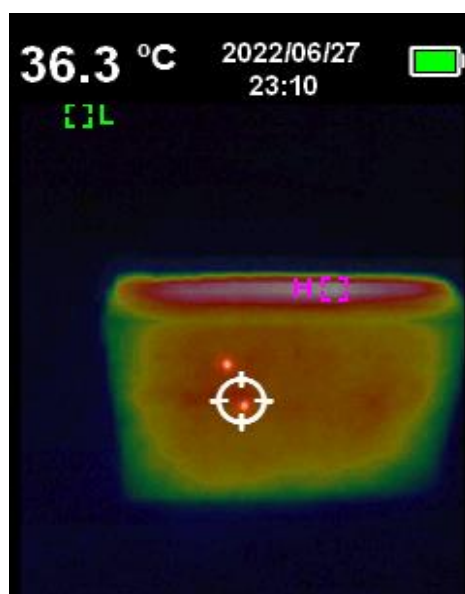
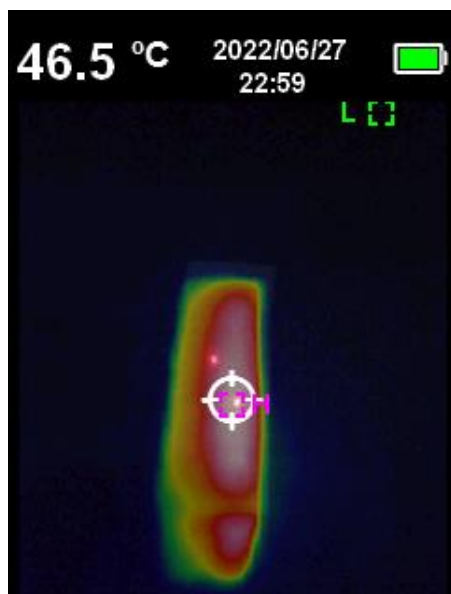
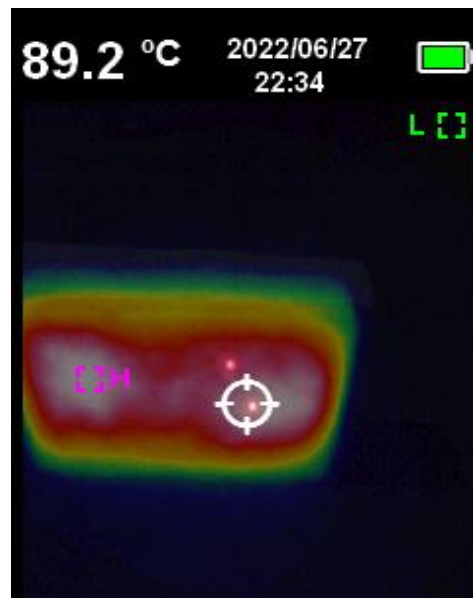
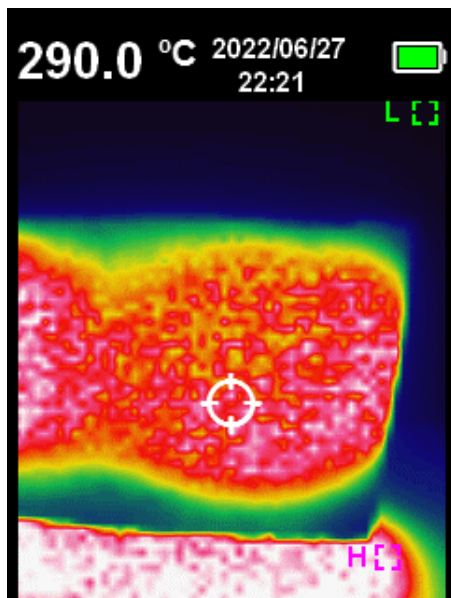


Tabla 31 Análisis Térmico de los bloques.

TRANSFERENCIA DE CALOR	
CARA (A): Superficie impactada artesanalmente por una lámina metálica a temperatura de 315 °C por 30 min. CARA (B): Superficie expuesta al ambiente durante la prueba Dimensiones del Bloque: Ancho: 9 cm - Alto: 20 cm - Largo: 30 cm	
IMÁGENES TÉRMICAS DE LA PRUEBA INYECCIÓN DE CALOR BLOQUE TS	



IMÁGENES TÉRMICAS DE LA PRUEBA DE ENFRIAMIENTO BLOQUE TS



Fuente: Autor



Tabla de datos Transferencia de calor Bloque macizo realizados.

Tabla 32 Datos Transferencia de calor

Bloque macizo		Cara 1	Cara 2
Hora	Tiempo (t)	Temp 1 (T)	temp 2 (T)
10:07:00	0	250	31
10:09:00	0:02:00	250	34
10:13:00	0:06:00	250	34
10:17:00	0:10:00	250	34,1
10:20:00	0:13:00	250	34,8
10:24:00	0:17:00	250	35,2
10:36:00	0:29:00	250	42,5
10:28:00	0:21:00	250	44,4
10:37:00	0:30:00	250	44,7
10:40:00	0:33:00	163	45,2
10:44:00	0:37:00	99	47,3
10:49:00	0:42:00	82	51,1
10:56:00	0:49:00	77,2	54,3
11:05:00	0:58:00	67,6	54,6
11:17:00	1:10:00	59,7	55,7
11:23:00	1:16:00	58,4	55,6
11:31:00	1:24:00	55,8	53,9
11:40:00	1:33:00	52,5	51,9
11:50:00	1:43:00	51	50,8
12:06:00	1:59:00	48,2	48,5
12:21:00	2:14:00	46,2	46,7
12:35:00	2:28:00	44	44,6
12:46:00	2:39:00	43,5	43,2
12:53:00	2:46:00	42,8	42,9
13:53:00	3:46:00	37,9	38,2
14:04:00	3:57:00	37,5	37,9
16:47:00	6:40:00	33,8	33,5
21:48:00	0	290	28,4
21:51:00	0:03:00	290	30,4
21:52:00	0:04:00	290	30,5



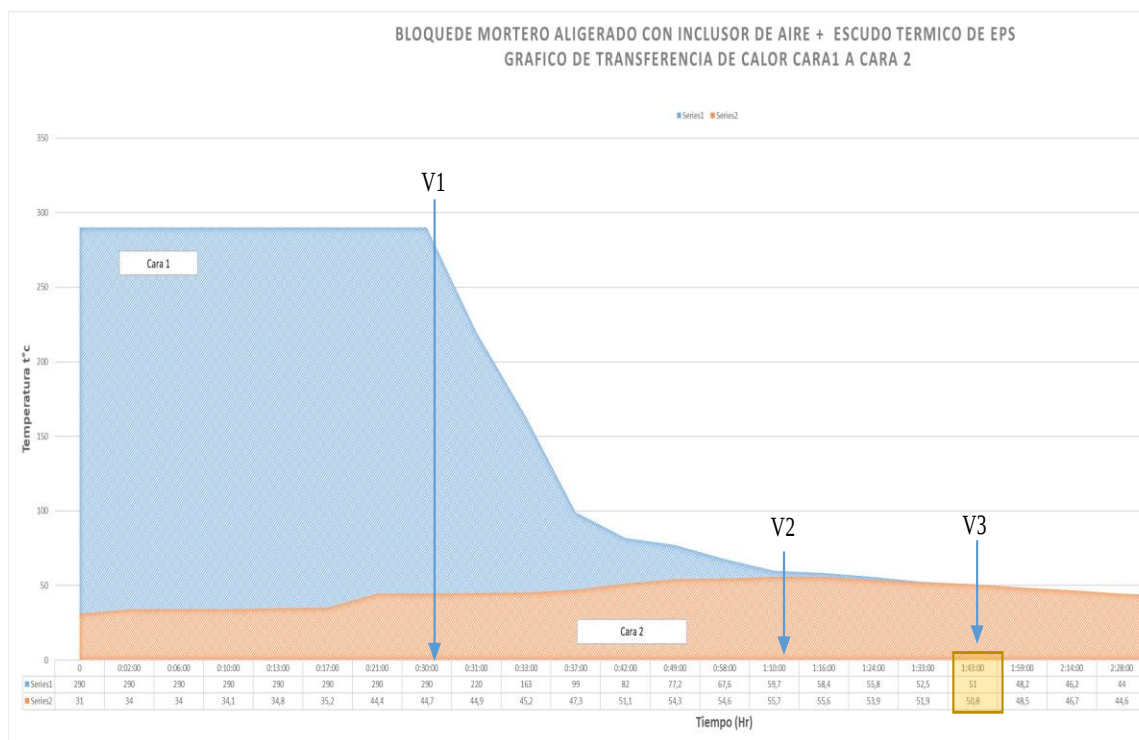
21:56:00	0:08:00	290	30,9
21:59:00	0:11:00	290	30,9
22:07:00	0:19:00	290	31,3
22:10:00	0:22:00	290	32,3
22:13:00	0:25:00	290	33,7
22:17:00	0:29:00	290	33,9
22:20:00	0:32:00	290	35,1
22:22:00	0:34:00	219	35,6
22:25:00	0:37:00	151,4	34,8
22:28:00	0:40:00	123,6	33,9
22:32:00	0:44:00	100,8	35,1
22:37:00	0:49:00	83,8	36,1
22:40:00	0:52:00	78,4	36,1
22:43:00	0:55:00	71	36,6
22:46:00	0:58:00	68,1	36,7
22:48:00	1:00:00	62,7	37,7
22:51:00	1:03:00	63,2	37,6
22:53:00	1:05:00	60,2	36,5
22:55:00	1:07:00	58,2	37,1
22:58:00	1:10:00	56,3	36,7
23:00:00	1:12:00	55	36,5
23:03:00	1:15:00	52,2	36,4
23:07:00	1:19:00	50,7	36,6
23:10:00	1:22:00	48,9	36,3
23:14:00	1:26:00	47,6	36,2
23:18:00	1:30:00	46,1	35,7
23:22:00	1:34:00	43,9	35,1
23:27:00	1:39:00	42,9	34,8
23:30:00	1:42:00	43,1	35,2
23:36:00	1:48:00	42,5	35,6
23:41:00	1:53:00	40,9	35,3
23:44:00	1:56:00	40,8	35
23:48:00	2:00:00	40	34,8
23:51:00	2:03:00	39,1	34,4
23:55:00	2:07:00	38,7	34,2
23:58:00	2:10:00	38,4	34



0:02:00	2:14:00	37,6	33,7
0:07:00	2:19:00	36,9	33,4
0:12:00	2:24:00	36,1	32,9
0:15:00	2:27:00	35,9	32,8
0:23:00	2:35:00	34,8	32,1
0:30:00	2:42:00	34,3	32,1
0:35:00	2:47:00	33,5	31,5
0:39:00	2:51:00	33,7	31
0:44:00	2:56:00	33,4	31,2
0:49:00	3:01:00	33,4	30,9

Fuente: Autor

Ilustración 20 Transferencia de calor Bloque macizo

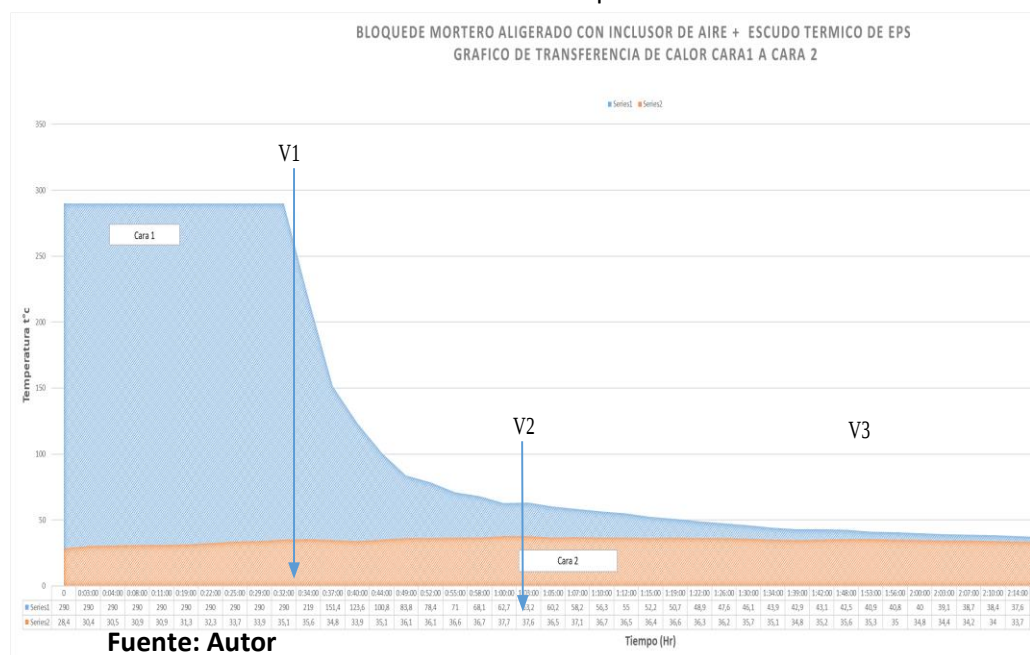


Fuente: Autor



Para el análisis térmico del bloque Macizo se encuentra inicialmente, que la inyección de energía calórica durante los primeros 30 minutos logra elevar de 31°C la temperatura inicial a $44,7^{\circ}\text{C}$, (V1), a partir de ese instante la gráfica de la cara 1 inicia su proceso de enfriamiento, mientras la gráfica de la cara 2 inicia su proceso de transferencia de energía alcanzando su pico máximo a la hora 1 con 10 minutos a $55,7^{\circ}\text{C}$, (V2). Las curvas generadas en la gráfica de enfriamiento y calentamiento continúan su proceso hasta encontrar el equilibrio térmico después de pasados 1 hora y 43 minutos con una temperatura de 51°C (V3) y continúan la tendencia al enfriamiento hasta la sexta hora con 40 minutos que alcanza la temperatura ambiente.

Ilustración 21 Transferencia de calor Bloque TS



Para el análisis térmico del bloque Aligerado se encuentra inicialmente, que la inyección de energía calórica durante los primeros 30 minutos logra elevar de $28,4^{\circ}\text{C}$ la temperatura inicial a $35,1^{\circ}\text{C}$,



(V1), a partir de ese instante la gráfica de la cara 1 inicia su proceso de enfriamiento, mientras la gráfica de la cara 2 inicia su proceso de transferencia de energía alcanzando su pico máximo a los 60 minutos a $37,7^{\circ}\text{C}$, (V2). Las curvas generadas en la gráfica de enfriamiento y calentamiento continúan su proceso hasta la hora 3 de la prueba sin encontrar punto de equilibrio térmico manteniendo una diferencia de temperatura de $2,5^{\circ}\text{C}$ (V3) con tendencia a equilibrarse con la temperatura ambiente de 29°C .

Tabla 33 Análisis Térmico de los bloques.

Características Térmicas del Bloque Macizo vs Bloque TS Dimensiones (9x20x30) cm				Flujo de Energía	Temperatura		Conductividad Térmica (K)	Resistencia Térmica (Rt)	Transmitancia Térmica (u)
Dimensiones				J/s = 1 W	(T2-T1)		W/m·k	(m ² ·K/W)	W/m ² ·K
Bloque / Tipo	e	h	L	Q	T2	T1	$K=(Q \cdot e)/A(T2-T1)$	$e / (k \cdot A)$	$1/Rt$
Bloque Macizo	0,09	0,2	0,3	197	44,7	290	1,2	0,07	13,38
Bloque TS	0,09	0,2	0,3	27	35,1	290	0,16	0,57	1,77

Fuente: Autor



8.4 Análisis Mecánico de los bloques.

Tabla 34 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo

 	PROCESO PRESTACIÓN DEL SERVICIO		CÓDIGO: PS-63
	PREFABRICADOS DE CONCRETO, MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS		VERSIÓN: 1
	NTC - 4024		PAGINA 1 DE 1

CLIENTE:	ODOIFER ARIAS
PROYECTO:	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/06/2022
FECHA DE ENSAYO:	23/06/2022
CONSECUTIVO:	2
UBICACIÓN:	BARRANCABERMEJA SANTANDER

NO. DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	ÁREA (cm²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm³)	AREA NETA (cm²)	CARGA (KN)	RESISTENCIA NETA (Kg/cm²)	RESISTENCIA PROM. NETA (Kg/cm²)	RESISTENCIA PROM. NETA (MPa)	Fm RESISTENCIA MAMPOSTERÍA (MPa)	PORCENTAJE DE EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA (%)
1	MACIZO	7/06/2022	23/06/2022	22	296,90	21,30	6366,57	12397,00	1,95	296,90	290,15	98,99	98,99	9,71	5,00	194,15

OBSERVACIONES: LOS LADRILLOS SE FALLARON EN POSICION DE CARGA ESTRUCTURAL

ENSAYO	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
LUIS SOLAIBA	MAURICIO ANDRÉS ARIAS PEDROZO		
LABORATORISTA	GERENTE GEOLAB INGENIERÍA S.A.S	QAQC	

Fuente: Geolab Laboratorio



Tabla 35 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo

	
El bloque macizo muestra una resistencia 9,7 MP con fisuras verticales alineadas a la dirección de la carga. Ref. Norma NTC 4026 Mampostería estructural (Rc) min 9 MP Ref. Norma NTC 4076 Mampostería no estructural (Rc) min 5 MP	Registro fotográfico de la carga aplicada.

Fuente: Autor



8.5 Resultados de pruebas mecánicas Bloque TS

Tabla 36 Resultados de pruebas mecánicas Bloque TS

 	PROCESO PRESTACIÓN DEL SERVICIO		CÓDIGO: P8-63
	PREFABRICADOS DE CONCRETO, MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS		VERSIÓN: 1
	NTC - 4024		PÁGINA 1 DE 1

CLIENTE:	ODOIFER ARIAS
PROYECTO:	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FECHA DE RECEPCIÓN:	29/06/2022
FECHA DE ENSAYO:	29/06/2022
CONSECUTIVO:	3
UBICACIÓN:	BARRANCABERMEJA SANTANDER

No. DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	ÁREA (cm²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm³)	ÁREA NETA (cm²)	CARGA (kN)	RESISTENCIA NETA (Kg/cm²)	RESISTENCIA PROM. NETA (Kg/cm²)	RESISTENCIA PROM. NETA (MPa)	Fm RESISTENCIA MAMPOSTERÍA (MPa)	PORCENTAJE DE EVOLUCIÓN DE RESISTENCIA (%)
1	ALIGERADO MEDIO	9/06/2022	29/06/2022	20	292,80	20,20	5914,56	5885,00	1,00	292,80	5,46	1,90	1,90	0,19	5,00	3,73

OBSERVACIONES: LOS LADRILLOS SE FALLARON EN POSICIÓN DE CARGA ESTRUCTURAL

 ENSAYÓ LUIS SOLAIBA LABORATORISTA	 ELABORÓ MAURICIO ANDRÉS ARIAS PEDROZO GERENTE GEOLAB INGENIERÍA SAS	REVISÓ QAQC	APROBÓ
---	---	--------------------	----------------

Fuente: Geolab Laboratorio



Tabla 37 Resultados de pruebas mecánicas Bloque Macizo

	
El bloque Aligerado muestra una resistencia 0,19 MP con fisuras verticales alineadas la ubicación del panel térmico de EPS. Ref. Norma NTC 4026 Mampostería estructural (Rc) min 9 MP Ref. Norma NTC 4076 Mampostería no estructural (Rc) min 5 MP	Registro fotográfico de la carga aplicada.

Fuente: Autor



8.6 Costos de Alternativas Pasivas.

Tabla 38 Costos de Alternativa pasiva # 1

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA VIGILADA MINEDUCACIÓN		PROYECTO: Diagnostico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander.		# FORMATO		
				Rev 0	5/07/2022	
		Odoifer Arias Construcción Sostenible				
Nº DOCUMENTO:		Analisis de Precios Unitarios		FECHA:		
1				REVISIÓN: 1		
ITEM: 1		UNIDAD: M2				
DESCRIPCIÓN:		Instalacion de Aislante termico e Impermeabilizacion en Placa de cubierta				
	MATERIALES		UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Poliestireno expandido e=0,03 mts		m2	1,000	\$ 18.000	\$ 18.000
2	Malla Plastica de sujecion - Cedazo Multiusos 12X12		m2	1,000	\$ 9.000,00	\$ 9.000
3	Manto P3 Pro 10 M x 1m x 3mm		m2	1,000	\$ 31.500,00	\$ 31.500
4	Pintura reflectiva Alumol -sika		und	0,009	\$ 51.500,00	\$ 469
5	chazos de anclaje		lb	2,500	\$ 3.500,00	\$ 8.750
					SUBTOTAL	\$ 67.719
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Herramienta menor		glb	3,000	\$ 2.300	\$ 6.900
					SUBTOTAL	\$ 6.900
	SUMINISTROS Y TRANSPORTES		UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	N/A					\$ -
						\$ -
					SUBTOTAL	\$ -
	MANO DE OBRA		UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Cuadrilla AA (1ofc esp - 1 Ayd)		Hr.	0,700	\$ 19.861,00	\$ 13.902,70
					SUBTOTAL	\$ 13.903
SUBTOTAL EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS				\$ 74.619		
SUBTOTAL SUMINISTROS				\$ -		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 13.903		
PRECIO UNITARIO				\$ 88.521		

Fuente: Autor



Tabla 39 Costos de Alternativa pasiva # 2

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA VIGILADA MINEDUCACIÓN		PROYECTO: Diagnostico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander.	# FORMATO		
			Rev 0	5/07/2022	
			Odoifer Arias Construcción Sostenible		
Nº DOCUMENTO:		Analisis de Precios Unitarios	FECHA:		
1			REVISIÓN:	1	
ITEM:	2	UNIDAD: M2			
DESCRIPCIÓN:		Suministro e Instalacion de Persianas externas de Proteccion pasiva			
	MATERIALES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Persiana en carpinteriaria de aluminio 1x1 (Perfil de aluminio lacado color blanco)	m2	1,000	\$ 409.990	\$ 409.990
2	chazos de anclaje	lb	1,500	\$ 3.500,00	\$ 5.250
				SUBTOTAL	\$ 415.240
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Herramienta menor	glb	3,000	\$ 2.300	\$ 6.900
				SUBTOTAL	\$ 6.900
	SUMINISTROS Y TRANSPORTES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	N/A				\$ -
					\$ -
					\$ -
				SUBTOTAL	\$ -
	MANO DE OBRA	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Cuadrilla AA (1ofc esp - 1 Ayd)	Hr.	1,500	\$ 19.861,00	\$ 29.791,50
				SUBTOTAL	\$ 29.792
SUBTOTAL EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					\$ 422.140
SUBTOTAL SUMINISTROS					\$ -
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 29.792
PRECIO UNITARIO					\$ 451.932

Fuente: Autor



Tabla 40 Costos de Producción y venta de un Bloque TS

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA VIGILADA MINEDUCACIÓN		PROYECTO: Diagnostico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander.		# FORMATO	
				Rev 0	5/07/2022
Nº DOCUMENTO: 1		Analisis de Precios Unitarios		Odoifer Arias Construcción Sostenible	
				FECHA: REVISIÓN: 1	
ITEM: 3		UNIDAD: und			
DESCRIPCIÓN:		Bloque Ts - Mortero aligerado + panel aislante (10x20x30) cm			
	MATERIALES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Arena	kg	3,50	40,00	\$ 140
2	Cemento	kg	1,75	520,00	\$ 910
3	Aguas	kg	0,25	5,00	\$ 1
4	Aditivo espumante	cc	10,00	5,43	\$ 54
5	panel aislante Poliestireno expandido (8x18x28)cm	m2	0,05	5.000,00	\$ 250
				SUBTOTAL	\$ 1.356
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Herramienta menor	glb	0,050	\$ 1.356	\$ 68
				SUBTOTAL	\$ 68
	SUMINISTROS Y TRANSPORTES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	N/A				\$ -
				SUBTOTAL	\$ -
	MANO DE OBRA	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Cuadrilla AA (1ofc esp - 1 Ayd)	Hr.	0,013	\$ 19.861,00	\$ 258,19
				SUBTOTAL	\$ 258
SUBTOTAL EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					\$ 1.423
SUBTOTAL SUMINISTROS					\$ -
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 258
PRECIO UNITARIO					\$ 1.682
PRECIO DE VENTA					\$ 2.186

Fuente: Autor



Tabla 41 Costos de Alternativa pasiva # 3

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA VIGILADA MINEDUCACIÓN		PROYECTO: Diagnostico térmico y alternativas pasivas de climatización para proyectos de construcción VIS en ciudades de clima cálido. Caso de estudio, VIS en la ciudad de Barrancabermeja Santander.		# FORMATO	
				Rev 0	5/07/2022
Nº DOCUMENTO: 1		Analisis de Precios Unitarios		FECHA:	
				REVISIÓN: 1	
ITEM: 3,1		UNIDAD: M2		 Odoifer Arias Construcción Sostenible	
DESCRIPCIÓN: Mamposteria no estructural con Bloque Ts					
	MATERIALES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Bloque TS (5,5 kg) (10x20x30) cm	und	15,00	2.186,00	\$ 32.790
2	Arena	m3	0,03	72.000,00	\$ 2.160
3	Cemento	kg	0,12	520,00	\$ 62
4	Aguas	kg	8,00	5,00	\$ 40
5					
				SUBTOTAL	\$ 35.052
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Herramienta menor	glb	0,050	\$ 35.052	\$ 1.753
				SUBTOTAL	\$ 1.753
	SUMINISTROS Y TRANSPORTES	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	N/A				\$ -
					\$ -
					\$ -
				SUBTOTAL	\$ -
	MANO DE OBRA	UNIDAD	RENDIM	VALOR	TOTAL
1	Cuadrilla AA (1ofc esp - 1 Ayd)	Hr.	0,620	\$ 19.861,00	\$ 12.313,82
				SUBTOTAL	\$ 12.314
SUBTOTAL EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					\$ 36.805
SUBTOTAL SUMINISTROS					\$ -
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 12.314
PRECIO UNITARIO					\$ 49.119

Fuente: Autor



Tabla 42 Presupuesto de aplicación de Alternativas pasiva # 1 y 2

Proyecto:	Alternativas Pasivas de Climatizacion	Fecha:	jul-22		
Cosnstructor:	ODOIFER ARIAS PEÑARANDA	Vigencia del Presupuesto:	30 dias		
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
1,00	Alternativa pasiva - Aislamiento termico de Cubierta				
1,10	Placa Apartamento 504 (50 m2)				
	Instalacion de Aislante termico e Impermeabilizacion en Placa de	M2	50	\$ 88.521	\$ 4.426.050
2,00	Alternativa Pasiva 2 - Proteccion de Ventanas				
1,20	Ventanas 1*1,2 (4) Unidades				
	Suministro e Instalacion de Persianas externas de Proteccion pasiva	M2	4,8	\$ 451.932	\$ 2.169.274
3,00	ORDEN Y ASEO				
3,10	Aseo general	glb	1	\$ 95.000	\$ 95.000
				COSTO DIRECTO	\$ 6.690.324

Fuente: Autor

El costo de aplicación de las alternativas 1 y 2 que consisten en la intervención de la placa de cubierta instalando un material de aislamiento térmico de espesor 3 cm y la protección contra la radiación solar directa a través de las ventanas con persianas externas en aluminio en color blanco tendrán un costo directo aproximado real de seis millones seiscientos noventa mil trescientos veinticuatro pesos colombianos que tendrán como objetivo devolver la sensación de confort térmico a la señora propietaria y contribuir al ahorro de energía de su vivienda hasta un 10% en proporción directa a la disminución de las temperaturas en los meses más críticos.



Tabla 43 Análisis de costos de Muros macizos de concreto.

EHM010	m³	Muro de concreto. (APU)				
Muro de concreto armado encofrado a dos caras, de hasta 3 m de altura, espesor 30 cm, superficie plana, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, y fundido con medios manuales, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 50 kg/m³, ejecutado en condiciones complejas; montaje y desmontaje de sistema de encofrado con acabado para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de atar, separadores, pasamuros para paso de los tensores y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra.						
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	
1		Materiales				
mt08eme070a	m²	Paneles metálicos modulares, para encofrar muros de concreto de hasta 3 m de altura.	0,044	401950,00	17685,80	
mt08eme075j	Ud	Estructura soporte de sistema de encofrado vertical, para muros de concreto a dos caras, de hasta 3 m de altura, formada por tornapuntas metálicos para estabilización y aplomado de la superficie encofrante.	0,044	552681,00	24317,96	
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,200	3625,99	725,20	
mt08var204	Ud	Pasamuros de PVC para paso de los tensores del encofrado, de varios diámetros y longitudes.	2,667	2713,16	7236,00	
mt07aco020d	Ud	Separador homologado para muros.	8,000	128,01	1024,08	
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	51,000	1933,46	98606,46	
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,650	3014,62	1959,50	
mt10haf050qbc	m³	Concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	1,050	310684,00	326218,20	
			Subtotal materiales:		477773,20	
2		Mano de obra				
mo044	h	Oficial 1ª encofrador.	1,857	20115,80	37355,04	
mo091	h	Ayudante encofrador.	2,026	15022,00	30434,57	
mo043	h	Oficial 1ª armador de concreto.	0,495	20115,80	9957,32	
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,630	15022,00	9463,86	
mo113	h	Peón de obra blanca.	1,182	13903,80	16434,29	
mo045	h	Oficial 1ª cementador de concreto armado.	0,281	20115,80	5652,54	
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	1,126	15022,00	16914,77	
			Subtotal mano de obra:		126212,39	
3		Herramienta menor				
	%	Herramienta menor	2,000	603985,59	12079,71	
Coste de mantenimiento decenal: \$ 24.642,61 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3):		616065,30	

Fuente:

http://www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Estructuras/Concreto_armado/Nucleos_y_pantallas/Nucleo_o_pantalla_de_concreto.html



Tabla 44 Análisis comparativos de costos de Muros macizos de concreto vs muros en Bloque TS.

Tipo de Muro	Valor M3	Valor M2	Observación
Macizo de concreto – e=8cm	\$616.065,30	\$49.285,224	Análisis para 1 m2 de muro macizo de concreto construido con sistema industrializado. Peso aprox. m2= 192 kg Conductividad térmica 0,8 k(W/m.K)
Mampostería en Bloque TS		\$49.119,00	Análisis para 1 m2 de muro en mampostería Bloque TS, tipo liviano. Peso aprox. m2= 90 kg Conductividad térmica 0,16 k(W/m.K)

Fuente: Autor

Un análisis comparativo inicial deja entrever que en términos de costos las dos opciones son semejantes en valor, pero se pudo observar en la tabla una reducción de peso del 47% del bloque TS, frente al sistema industrializado. Cabe anotar que el bloque TS es una opción de mampostería no estructural, vs el muro macizo de concreto que es 100% estructural. Finalmente, en términos de confort térmico se debe resaltar el aporte del bloque TS a la termorregulación de la vivienda y el grado de eficiencia energética que esta alcanzaría frente a la alta masa térmica que caracteriza al concreto y su incidencia en las ciudades de clima cálido húmedo.



9. Conclusiones

El análisis de preexistencias de la ciudad de Barrancabermeja donde se ubica el caso de estudio presenta 2 meses críticos como los son enero y febrero con temperaturas ambiente máximas de 32,8 °C y 33,1 °C y humedad relativa mínima con promedio de 74% y 73% respectivamente.

Los modelos estereográficos muestran que el apartamento VIS caso de estudio se encuentra orientado -30° noroccidente haciendo de la fachada orienta en esta dirección la fachada de estudio con ganancias térmicas máximas promedio día en el mes de julio de 473 Wh/m² debido a la perpendicularidad del azimut solar con la fachada y el Angulo de altura solar.

La visita al sitio y el análisis Termográfico permitieron evidenciar y registrar las variaciones de temperatura externa e interna en muros encontrado lecturas de 37,2 °C y 35,1°C respectivamente, el 21 de mayo a hora 16 con un diferencial de temperatura de 2,1°C en la fachada nororiental, que es la fachada con mayor incidencia solar.

Para contrarrestar la ganancia de energía por radiación directa a través de las ventanas se recomienda el uso de persianas con sistema de 7 láminas de 15 cm de ancho por 130 cm de largo, distribuidas en la altura de la ventana e inclinadas a 30 °, con esta medida se obtendrá la protección necesaria para la incidencia solar critica correspondiente a la hora 16 del día, tomando como referencia los meses de marzo y Julio con un Angulo de altura solar de 31°. La aplicación de la solución está sujeta a la reglamentación del condominio dado que implica la modificación de la fachada.



Para el análisis térmico de la placa, se encontró que es el elemento de la VIS caso de estudio que más energía calórica aporta al discomfort térmico del habitáculo, ya que la incidencia solar sobre este elemento alcanza en promedio hasta 950 Wh/m²; el material con el que está construido es de concreto con una sección de 8 cm macizos con mortero de nivelación y manto impermeabilizante sin ningún elemento aislante de temperatura, salvo la pintura reflectiva de aluminio que se encuentra en malas condiciones por problemas con la escorrentía y el drenaje. Las lecturas captadas en sitio evidencian registros de temperatura externos de 51,4°C en la superficie externa y 41,5°C en la superficie interna y una temperatura operativa de 32°C a la hora 13:10 con un Angulo de altura solar aproximado a los 90°. La modelación térmica de la VIS caso de estudio que analizo el mes más caliente corrobora la problemática de discomfort térmico infiriendo los máximos valores durante el mes de febrero el 21 a la hora 17 con una temperatura operativa de 37 °C.

Como alternativa de solución para la problemática que representa la placa de cubierta, se modelo la misma placa adicionándole un material aislante como el Poliestireno expandido en láminas de 3 cm y sobre este el elemento impermeabilizante, obteniendo temperaturas operativas de 31,8 °C. y temperaturas promedio entre 25,9 °C y 29,6 °C para el mes de febrero que logran entrar dentro del rango de temperatura neutral de 26,4 °C ± 2°.

Dado las condiciones de la fachada de estudio que presenta ganancias térmicas máximas promedio día en el mes de julio de 473 Wh/m² debido a la perpendicularidad del azimut solar con la fachada y el Angulo de altura solar y teniendo en cuenta que es una problemática que no solo afecta la VIS caso de estudio, se presentó el Bloque TS como material de mampostería alternativo a los encontrados en el mercado, con características de aislamiento térmico, versatilidad, economía y sostenibilidad. Los



resultados de los análisis térmicos experimentales del bloque TS en comparación con un bloque macizo de la misma dimensión se encuentran el bloque macizo con el doble de la densidad (2296 kg/m^3) respecto al bloque TS, lo que conlleva al bloque TS a ser un elemento ligero que alberga menos energía con una conductividad térmica de $0,16 \text{ W/m.k}$, aportando una resistencia térmica alta de $0,57 \text{ M}^2. \text{ k/w}$ que beneficia a la rápida termorregulación de la vivienda.

El gráfico de calentamiento vs enfriamiento del Bloque TS permite observar e inferir que el equilibrio térmico después de la inyección de calor se da después de las 3 horas de iniciado el experimento, lo cual demuestra que el valor de resistencia térmica obtenido avala el término de escudo térmico dado que la temperatura más alta de la cara 2 nunca alcanza el equilibrio térmico con la cara 1 para este experimento.

Para efectos de resistencia mecánica se observa que el bloque macizo alcanza una R_c de $9,7 \text{ Mp}$ tomando como referencia la Norma NTC 4026 de Mampostería estructural que exige (R_c) min de 7 MP y la norma NTC 4076 Mampostería no estructural (R_c) min de 5 MP , lo que le permite ubicarse como bloque estructural.

Para efectos de resistencia mecánica se observa que el bloque TS alcanza una R_c de $0,19 \text{ Mp}$ tomando como referencia la NTC 4076 de Mampostería no estructural (R_c) min de 5 MP . Dado el bajo resultado de la resistencia, se deduce según el registro fotográfico, que plano de falla del elemento coincidió con la ubicación vertical del panel de Poliestireno y que el recubrimiento de 1 cm sobre las caras superiores e inferiores deberá aumentarse o en su defecto reforzarse con un elemento que no sea conductor térmico.



Se puede concluir que en términos de costos directos entre la mampostería con bloque TS y los muros en concreto macizo de los sistemas industrializados son aproximadamente semejantes en valor.

Adicionalmente, se observó una reducción en peso del 53% del bloque TS, frente al sistema industrializado, redundando en el diseño estructural al haber menor peso por lo tanto menor fuerza sísmica.

Finalmente, en términos de confort térmico se debe resaltar el aporte del bloque TS a la termorregulación de la vivienda y el grado de eficiencia energética que esta alcanzaría frente a la alta masa térmica que caracteriza al concreto y su incidencia en las ciudades de clima cálido húmedo.



10. Referencias Bibliográficas

ANDECE. (02 de Julio de 2016). *Comunidad 360° Argos*. Obtenido de Comunidad 360° Argos:

<https://360enconcreto.com/soluciones-industrializadas/>

Andrewmarsh. (02 de Julio de 2022). *Andrewmarsh*. Obtenido de Andrewmarsh:

<http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>

ARKIPLUS. (14 de 04 de 2018). *ARKIPLUS*. Obtenido de ARKIPLUS:

<https://www.arkiplus.com/?s=Ganancia+t%C3%A9rmica>

Autodesk. (Julio de 2022). *AutodeskFormit*. Obtenido de AutodeskFormit:

<https://app.formit.autodesk.com/>

CCC-Sostenible. (02 de Julio de 2022). *Concejo Colombiano de Construcción Sostenible*. Obtenido de

Concejo Colombiano de Construcción Sostenible:

<https://www.cccs.org.co/wp/download/resolucion-0549-de-2015/>

Congreso Republica, C. (1997). *Ley 400*. Bogotá: Congreso de la República Colombia. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=336#:~:text=14.->

,Edificaci%C3%B3n,u%20ocupaci%C3%B3n%20por%20seres%20humanos.

Gómez, G. (2016). *Caracterización climática: Diagnóstico de confort*. México: Universidad de Colima.:

Colima.



Gonzalez, M., & Fonseca, A. (2019). Evaluacion de paneles de Mortero aligerados con poliestirenos expandico (EPS) mediante ensayos a compresion y flexion. *[Tesis de Grado, Universidad Pontificia Bolivariana]*. Obtenido de repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8622

Grosso, C. (17 de Noviembre de 2021). RTVC. Obtenido de RTVC:

<https://www.radionacional.co/actualidad/economia/barrancabermeja-y-su-impacto-en-la-economia-nacional>

Huertas, N. (2021). Diseño de mezcla de un concreto celular de baja densidad utilizando residuos de cantera. *[Tesis de Grado, Universidad Piloto de Colombia]*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10084>

IDEAM. (02 de Julio de 2022). IDEAM. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/>

Información jurídica, t. y. (02 de Julio de 2022). *Información jurídica, tributaria y empresarial*. Obtenido de Información jurídica, tributaria y empresarial: <https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-0549-2015-579785318#:~:text=Agosto%20de%202015-,Resoluci%C3%B3n%20n%C3%BAmero%200549%20de%202015%2C%20por%20la%20cual%20se%20reglamenta,agua%20y%20energ%C3%ADa%20en%20edificaciones>

Instituto Argentino de Normalizacion y Certificacion. (2002). *Norma 11601*. Buenos Aires: IRAM.

Leskow, E. C. (15 de julio de 2020). *Concepto*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/conductividad-termica/#ixzz6d3lfFro0>



Ministerio de Fomento de España. (2013). Documento Basico HE Ahorro de Energia con comentarios.

Obtenido de Dialnet: https://www.academia.edu/29052039/Dcc_HE

Ministerio de Vivienda, M. (02 de Julio de 2022). *Ministerio de Vivienda, Minvivienda*. Obtenido de

Ministerio de Vivienda, Minvivienda: <https://minvivienda.gov.co/normativa/decreto-1285-2015>

Ministerio, V. (29 de Septiembre de 2015). *Helios*. Obtenido de Helios:

<https://www.helios.com.co/post/resolucion-549-2015-minvivienda>

Minvivienda-Colombia. (2015). Inercia y aislamiento térmico de los materiales. *Guías de Asistencia*

Técnica para Vivienda de Interés Social, 44.

Murillo, S. M. (2019). *Historias de Cronopios y de Famas*. Barrancabermeja: Instituto Cevantes Roma.

Norma-Española. (2006). ISO 7730:2005. Obtenido de Normalizacion Española:

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0037517>

NRGY. (02 de Julio de 2021). *NRGY Solutions*. Obtenido de NRGY Solutions:

<http://nrgysolutions.mx/nosotros/>

Olgay, V. (1998). *ARQUITECTURA Y CLIMA*. Barcelona: Gustavo Gili, SL 1a edicion tirada 15.

Pública, D. A. (02 de Julio de 2022). *Departamento Administrativo de la Función Pública* . Obtenido de

Departamento Administrativo de la Función Pública :

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>



Rodriguez, P. (2018). Comportamiento y variación del confort térmico de la vivienda de interés social en clima cálido húmedo, a partir del proceso de transformación y adecuación de la morfología y envolvente de la edificación. [Tesis de Maestría, Repositorio Universidad Católica de Colombia], pág. <https://hdl.handle.net/10983/18237>.

Spark, W. (02 de Julio de 2022). *Weather Spark*. Obtenido de Weather Spark:
<https://es.weatherspark.com/y/24382/Clima-promedio-en-Barrancabermeja-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

SunEarthTools.com. (02 de Julio de 2022). *SunEarthTools.com*. Obtenido de SunEarthTools.com:
https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

TECNOLOGÍA, G. D. (2008). *Seminario, Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño*. Mexico: CYAD.

Tejada, A., & Gomez, G. (2015). *Prontuario Solar de Mexico*. Mexico: Universidad de Colima - Universidad Veracruzana. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/312576876_Prontuario_Solar_de_Mexico

Vega, J. (2016). Investigación prenormativa de control térmico en fachadas de edificios multifamiliares tipo VIS en la ciudad de Bogotá D.C. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58227>



Zemansky, S. (2013). *Física Universitaria*. Mexico: Pearson. Obtenido de

https://www.academia.edu/35022348/F%C3%ADsica_Universitaria_Sears_Zemansky_13a_Edici%C3%B3n_Vol_1_pdf