



Guía Técnica de Recomendaciones de Ecodiseño y Construcción Sostenible para Manizales

Arq. Sandra Milena Granada Orozco

Trabajo de grado de maestría presentado para optar al título de Magíster en Sostenibilidad

Director

Alexander González Castaño, Doctor (PhD) en Arquitectura y Urbanismo

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Maestría en Sostenibilidad
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

A Dios, mi mejor amigo y mi fiel compañero. Gracias infinitas.

A mi mamá, sé que desde el cielo sigue soñando y alegrándose conmigo.
Cada logro también es tuyo, mami.

A mi hijo, mi Amado Pigotito, mi razón, mi amor, mi fuerza; cada esfuerzo vale la pena por ti.

Agradecimientos.

A Juan, gracias por creer en mí más que yo misma.

A mi papá, mi hermana y mi familia por su amor y apoyo incondicional.

Al Arq. Mario Ojeda y a los estudiantes de la optativa en Hábitat y Vivienda de la Universidad Católica de Pereira 2024 por la confianza, el aprendizaje y las experiencias.

A Gustavo y Elizabeth, mis compañeros en la maestría. Se aprendió y se disfrutó.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen: 11

Introducción 12

1 Planteamiento del problema..... 14

 1.1 Tema de trabajo..... 14

 1.2 Problema de estudio: 14

 1.3 Justificación: 14

2 Objetivos: 16

 2.1 Objetivo general:..... 16

 2.2 Objetivos específicos: 16

3 Marco teórico 17

 3.1 Marco conceptual..... 17

 3.2 Marco legal: 21

 3.3 Antecedentes 25

4 Desarrollo temático 28

 4.1 Caracterización del lugar como base de la construcción sostenible..... 28

 4.1.1 Características físicas 29

 4.1.2 Características climáticas 38

 4.1.3 Visión de Manizales según el Plan de Ordenamiento Territorial 2017- 2031 53

 4.2 Estrategias de eco diseño para la eficiencia energética..... 54

 4.2.1 Criterios de diseño bioclimáticos que contribuyen a la eficiencia energética para manizales

4.2.2	Uso eficiente del agua	76
4.2.3	Gestión de materiales	87
5	Conclusiones	93
6	Referencias.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	Triángulo de la ecoeficiencia. Elaboración propia	13
Figura 2	Ejes temáticos aplicables a la construcción sostenible (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)	26
Figura 3	Plano de localización de Manizales (Li Ramirez & al, 2016)	28
Figura 4	Manizales dentro del área metropolitana centro sur. (Duque Escobar, 2016).....	28
Figura 5	Mapa de fallas geológicas de Manizales. (Ingesam, 2014)	30
Figura 6	Plano de Manizales con las pendientes del terreno. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007)	31
Figura 7	Plano de elevaciones en msnm. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).....	32
Figura 8	Corte esquemático de Manizales, oriente- occidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	33
Figura 9	Corte esquemático de Manizales nororiente- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	33
Figura 10	Corte esquemático de Manizales noroiente- suroriente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	34
Figura 11	Corte esquemático de Manizales norte- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	34

Figura 12 Corte esquemático de Manizales noroccidente- sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	35
Figura 13 Corte esquemático de Manizales norte-sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	36
Figura 14 Corte esquemático de Manizales occidente- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	36
Figura 15 Corte esquemático de Manizales nororiente- sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	37
Figura 16 Corte esquemático de Manizales occidente- suroriente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.	37
Figura 17 Plano de temperatura superficial Manizales 2013. Plano procesado en ArcGis. Elaboración Ricardo Echeverry C.	39
Figura 18 Plano de temperatura superficial de Manizales 2023. Plano procesado en ArcGis. Elaborado por Ricardo Echeverry	40
Figura 19 Climograma de Manizales. (Climate data, 2021).	41
Figura 20 Esquema de incidencia de los ángulos solares. (Guadarrama, 2019).	44
Figura 21 Azimut y altura del ángulo solar, imagen procesada en https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html	45
Figura 22 Ángulo de altura del sol. (Portillo, Sf).....	45
Figura 23 Gráfico de incidencia solar. (Seiscubos, 2021)	45
Figura 24 Solsticio de verano en Manizales. Sector Niza, oriente de la ciudad; 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en Andrewmarsh.com	46
Figura 25 Solsticio de invierno en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad; 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com	46

Figura 26 : Equinoccio de primavera en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad. 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com	47
Figura 27 Equinoccio de otoño en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad. 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com	47
Figura 28 Plano de vientos diurnos. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).....	48
Figura 29 Plano de vientos nocturnos. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)	49
Figura 30 Rosa de vientos de Manizales. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Sf).....	49
Figura 31 Plano hidrográfico de Manizales. (Ibañez Ríos, 2019).....	51
Figura 32 Estructura ecológica principal. (Sistema de Información Geográfica, Alcaldía de Manizales, 2024)	52
Figura 33 Vista del centro de Manizales hacia los nevados.. (Godues, 2021).....	53
Figura 34 Sombra de viento para diferente geometrías. (www.fau.ucv.ve, s.f.).....	57
Figura 35 carta solar de Manizales. Grafico procesado en SunEarthTools.com.....	58
Figura 36 localización para clima frío. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).	59
Figura 37 ubicación de edificaciones para favorecer la ventilación. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).	60
Figura 38 Muros y piso acumulador de calor. (Sanchez Inocencio, 2016). (Sanchez Inocencio, 2016). ...	60
Figura 39 Elementos de protección solar horizontal. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).....	61

Figura 40 Elementos de protección solar vertical. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).....	61
Figura 41 volumen de aire contenido en un espacio. Elaboración propia.....	62
Figura 42 Barlovento y sotavento en las fachadas. (07 Scketches, 2022)	64
Figura 43 diferencias de presión de presión en planta. (07 Scketches, 2022).....	64
Figura 44 Diferencia de alturas y presión en el intercambio de aire. Elaboración propia.	65
Figura 45 Recomendaciones de planificación urbana para la eficiencia en la ventilación de la ciudad. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).	66
Figura 46 Cañón de calle. Elaboración propia.	66
Figura 47 Flujos de aire sobre los edificios. (Oke, 1987)	68
Figura 48 Presión de viento sobre el edificio. Alzado. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).....	69
Figura 49 Ventilación unilateral, aberturas en una sola pared. (Green Building Council España, Sf)	69
Figura 50 Ventilación unilateral, aberturas adyacentes. (Arquigraphi, Sf).....	69
Figura 51 Ventilación cruzada, presiones del aire. (Green Building Council España, Sf)	70
Figura 52 Ventilación cruzada. Vanos en paredes opuestas. (Arquigraphi, Sf).....	70
Figura 53 Factores de aprovechamiento de luz natural en los edificios. (Chi Pool, 2021).....	73
Figura 54 Incursión solar según la hora del día. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).....	74
Figura 55 Nivel de iluminación recomendada. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).....	75

Figura 56 estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua. Elaboración propia. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).	79
Figura 57 Reutilización de aguas grises. (Martín de Lucas, 2017).....	81
Figura 58 Prototipo para reutilizar el agua residual de la lavadora. (Díaz Oviedo & Ramírez Mieles, 2016)	82
Figura 59 Prototipo para la reutilización del agua de la ducha. (García Rodríguez & Herrera Novoa, 2021)	82
Figura 60 Captación de agua lluvia. (Sanear Brasil, 2024).....	84
Figura 61 Captación de agua lluvia. (Sanitary Engineer, 2020)	85
Figura 62 Manejo urbano de agua lluvia. (Projar, Sf).....	86
Figura 63 Ciclo de vida de la edificación. Elaboración propia.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: consumo energético con porcentajes de ahorro para clima frío planteados por la resolución 0549 de 2015.....	56
Tabla 2: Porcentajes de ahorro de agua en clima frío propuestos por la resolución 0549 de 2015.	79
Tabla 3: Distribución porcentual de la dotación para uso doméstico por persona.....	80
Tabla 4: Alternativas de aprovechamiento de aguas lluvias. Elaboración propia con información de (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).....	84
Tabla 5: Dimensiones para la selección responsable de materiales. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2021).....	88
Tabla 6: Objetivos de la selección de materiales. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).....	89

RESUMEN:

La disminución del impacto ambiental y la adaptación al cambio climático es el objetivo de casi todas las áreas del conocimiento; desde el área de la arquitectura, la aplicación de principios de eco diseño y construcción sostenible y el planteamiento y evaluación del proyecto de manera holística, desde su concepción hasta el final de su ciclo de vida, se viene consolidando como una estrategia eficiente para disminuir el impacto ambiental y la emisión de gases efecto invernadero por parte de las edificaciones.

El presente trabajo explora la integración de variables físico climáticas del lugar, tomando como escenario de estudio la ciudad de Manizales, al ejercicio de diseño arquitectónico, tomándolas como premisas de diseño a partir de 3 ejes temáticos: eficiencia energética, ahorro de agua y selección de materiales; con el objetivo en primer lugar proyectar edificaciones más eficientes y saludables que por una parte aprovechen mejor los recursos, de manera que tengan menor huella ecológica, y por otra parte, proporcionen mejores condiciones de confort y habitabilidad a sus residentes.

ABSTRACT:

The reduction of environmental impact and adaptation to climate change is the objective of almost all areas of knowledge, from the area of architecture, the application of principles of eco-design and sustainable construction and the approach and evaluation of the project in a holistic manner, from Its conception until the end of its life cycle, has been consolidated as an efficient strategy to reduce the environmental impact and the emission of greenhouse gases by buildings.

This work explores the integration of physical climatic variables of the place, taking the city of Manizales as a study setting, to the architectural design exercise, taking them as design premises based on 3 thematic axes: energy efficiency, water savings and selection of materials; with the objective, first of all, to design more efficient and healthy buildings that, on the one hand, make better use of resources so that they have a smaller ecological footprint and, on the other hand, provide better conditions of comfort and habitability to their residents.

PALABRAS CLAVE: arquitectura bioclimática, desarrollo sostenible, diseño arquitectónico, construcción de viviendas, medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, todos los temas relacionados con la conservación del medio ambiente han ganado especial relevancia, se ha evidenciado una creciente preocupación por la conservación de los recursos naturales y el equilibrio del planeta, como respuesta a la crisis climática y a la disminución en la disponibilidad de recursos, a consecuencia de la sobre explotación de los mismos y su uso y reparto inequitativo e ineficiente.

Diferentes posturas, conceptos, técnicas y tecnologías han surgido con el objetivo de revertir, o al menos frenar y mitigar el impacto del cambio climático en la vida humana, entendiendo la fragilidad de la misma y la vulnerabilidad manifiesta ante condiciones ambientales adversas.

El presente trabajo tiene como tema principal el eco diseño aplicado a la arquitectura y la construcción sostenible, con el fin de realizar recomendaciones técnicas que permitan crear espacios con mejores condiciones de habitabilidad, pensados para el bienestar de sus habitantes, con menor impacto ambiental y asociados a las características físico climáticas específicas del lugar.

Tiene como escenario de estudio, la ciudad de Manizales que gracias a las particularidades de su topografía, clima, y entorno ecosistémico general, ha sido laboratorio vivo para diversos trabajos de investigación en temas como geología y suelos, ingeniería, climatología, entre otras; por lo que incluir todos los conocimientos adquiridos en estrategias aplicadas a la buena arquitectura y a la buena vivienda es más que pertinente.

La metodología trabajada se basa en la recopilación cuantitativa de información acerca de las condiciones geofísicas, climáticas y ecosistémicas de la ciudad, con el fin de proponer estrategias de ecodiseño a partir del triángulo de la ecoeficiencia:

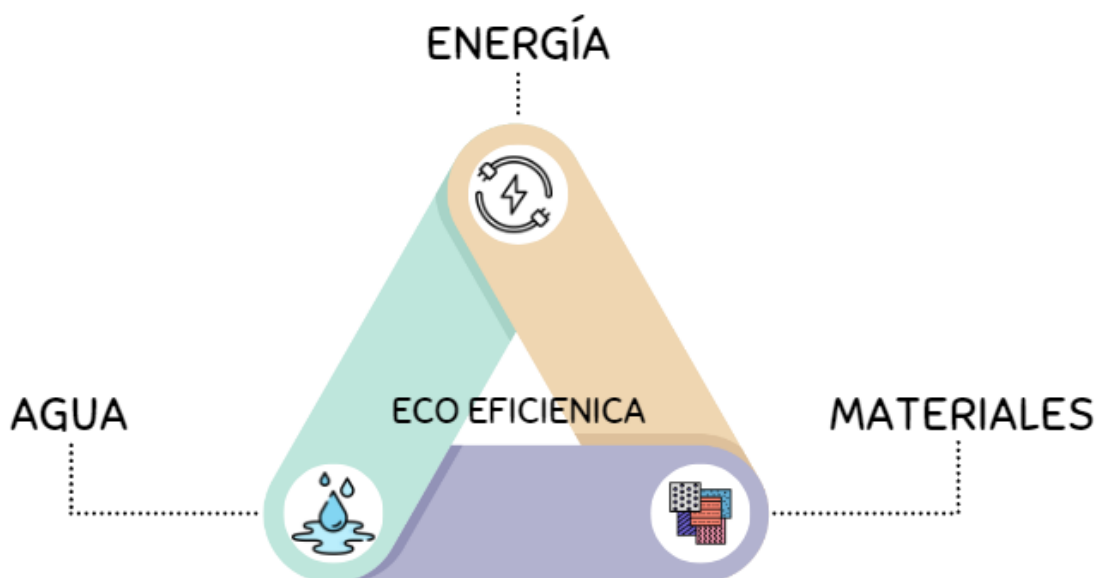


Figura 1 Triángulo de la ecoeficiencia. Elaboración propia

Lo cual se refleja en el planteamiento del segundo y tercer objetivo específico donde se proponen recomendaciones para cada uno de los componentes del triángulo: energía, agua y materiales, y cuya aplicación integral conlleva al diseño y construcción de edificaciones confortables, con mejores condiciones de habitabilidad, con un consumo eficiente de recursos y bajas emisiones de gases efecto invernadero.

El trabajo se estructura en tres partes: en primer lugar, el marco teórico donde se estudian los principales conceptos asociados al tema de la investigación, la normativa nacional vigente y algunos antecedentes y referentes; una segunda parte de reconocimiento de las características de la ciudad, y una tercera de recomendaciones de ecodiseño y construcción sostenible, basadas en la información obtenida en la segunda parte.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 TEMA DE TRABAJO

Ecodiseño aplicado a la arquitectura y a la construcción sostenible en la ciudad de Manizales, Caldas.

1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO:

Vivienda de baja calidad habitacional y alto impacto ambiental sin relación con las particularidades físico climáticas y ambientales del entorno donde se inserta.

1.3 JUSTIFICACIÓN:

El crecimiento exponencial de la población, los procesos agresivos de urbanización y el desarrollo económico que potencia el tener sobre el ser, han dejado profundas huellas en el ecosistema rompiendo el equilibrio ecológico, exacerbando el cambio climático y la disminución de la capacidad de carga y regeneración del planeta.

Más personas para el mismo suelo, implica que se debe ser más eficiente en el uso de los recursos para mitigar y/o disminuir la huella ecológica generada, al tiempo que se mantiene el desarrollo económico y un nivel de vida digna para todo los habitantes del planeta.

Colombia está a la vanguardia entre los países latinoamericanos en normativa relacionada con la conservación del planeta, resaltando especialmente, un marco legal estructurado para el diseño y la construcción sostenible, sin embargo, muchos de estos documentos no son de dominio total de los gestores de la industria constructiva, y en muchos casos su aplicación es voluntaria, razón por la cual varias metas propuestas no se han cumplido, entre ellas que a la fecha solo existen 12 ciudades con políticas de construcción sostenible, 10 de los cuales conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, y las otras dos son Bogotá que la estructura como política pública y Cali, como manual; en ambos casos, esta iniciativa se enfoca específicamente en la ciudad y no se extienden a sus áreas metropolitanas.

El interés por aplicar conceptos de sostenibilidad a la construcción de la vivienda en la ciudad de Manizales surge como repuesta, por una parte, a la opinión particular sobre las características de las soluciones habitacionales que se están construyendo en la ciudad, que si bien, cumplen con la normativa vigente en términos de sismo resistencia, aplicación del POT y las normas nacionales relacionadas con vivienda, desconoce las características físicas y ambientales de su entorno, produciendo a su alrededor diferentes microclimas con características de discomfort, al tiempo que se perjudica la calidad interior de los espacios.

De esta manera, desde el campo del ecodiseño, se propone esta guía con la intención concebir una arquitectura con calidad ambiental y espacial, generadora de bienestar individual y social; con mínima huella de carbono, bioclimática y energéticamente eficiente, que garantice el derecho a la vivienda de todas las personas en condiciones dignas, no solo como un techo protector de la intemperie, sino, como un espacio de disfrute e integración; la vivienda como herramienta constructora de sociedad, influenciadora y colaboradora en la conservación del planeta y como industria dinamizadora de la economía.

2 OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Formular una guía de recomendaciones técnicas basadas en conceptos de ecoeficiencia, arquitectura bioclimática y construcción sostenible para el diseño y construcción de vivienda en la ciudad de Manizales.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Reconocer las características físicas y climáticas de la ciudad de Manizales a través de documentos e investigaciones previas de otros autores.
- Plantear estrategias para el uso eficiente de la energía eléctrica y el ahorro de agua, aplicadas al diseño arquitectónico basadas en las características físicas y climáticas de la ciudad, con el fin de mejorar las condiciones de habitabilidad y confort de los edificios y disminuir su impacto ambiental.
- Recomendar el uso y aplicación de materiales para la construcción de vivienda con base en sus especificaciones técnicas, impacto ambiental y desempeño.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

LA CUESTIÓN DE LA VIVIENDA

Solucionar la necesidad de resguardo ha sido una de las mayores muestras de evolución de la civilización a través de la historia, tema que se ha ido complejizando con el mismo proceso de evolución cuando el espacio de habitación deja de ser un refugio para convertirse en hábitat donde interrelacionan además de componentes físicos el desarrollo mental y emocional de las personas como individuos y miembros de una sociedad.

"El acto de habitar es el medio fundamental en que uno se relaciona con el mundo. Además de nuestras necesidades físicas y corporales, también deben organizarse y habitarse nuestras mentes, recuerdos, sueños y deseos" (Pallasma, 2016).

Las viviendas construidas en los últimos años, especialmente las multifamiliares descuidan la connotación social como parte de la apropiación cultural e interrelación de las personas plasmada en espacios interiores que invitaran a la reunión y conexión fluida con el espacio exterior.

Desde el punto de vista social un hogar además de fortalecer los lazos familiares y estimular el desarrollo socio afectivo, debe producir sensaciones de bienestar y seguridad, debe ser un espacio sano y agradable que favorezca las relaciones con el exterior, con el medio ambiente natural y con las demás personas. La casa es el primer escenario de desarrollo de los seres humanos donde se graban sus primeros recuerdos y se crean sus primeros vínculos, somos seres sociales que dependen de la interrelación con el otro para la salud mental, física y emocional.

A pesar del cambio en la dinámica urbana y social, las necesidades del habitar siguen siendo las mismas y la tipología de vivienda pequeña cerrada, con limitadas zonas comunes, escasamente iluminada y ventilada se muestra incapaz de proporcionar un ambiente de

tranquilidad y seguridad necesario para todos en un momento de absoluta incertidumbre, dejó claro que las características del espacio condicionan el estado de ánimo, la salud y el desarrollo de las personas.

Parafraseando a Ignacio Paricio, las viviendas contienen una única forma de ocupación y las casas de las últimas décadas han dejado de lado las virtudes de la calidad espacial, han dejado de ser una caja de espacios de libre configuración y reconfiguración, apropiación y evolución para convertirse en estuches rígidos espacial y estructuralmente, faltos de dignidad y de apropiación (Paricio, 1996).

En este aspecto parece pertinente referir la definición del hábitat emitida por las Naciones Unidas como el lugar espacial que habita el ser humano; el hábitat no solo hace referencia al lugar físico de habitación, sino que también abarca lo que para él representa un lugar de reconocimiento e identidad, tanto individual como colectiva. (Samper Gnecco, 2012).

La Constitución Política de Colombia en su artículo 51 establece que: «Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda» (Asamblea Constituyente de Colombia, 1991).

En la sentencia T-583 de agosto de 2013, la Corte constitucional precisa el concepto de vivienda digna definiéndolo como: “El derecho a la vivienda digna, como fundamental que es, (...) debe comprender la posibilidad real de gozar de un espacio material delimitado y exclusivo, en el cual la persona y su familia puedan habitar y llevar a cabo los respectivos proyectos de vida, en condiciones que permitan desarrollarse como individuos dignos, integrados a la sociedad.” “DERECHO FUNDAMENTAL A LA VIVIENDA DIGNA O ADECUADA-Elementos de asequibilidad y habitabilidad. Esta Corporación ha explicado el derecho constitucional a la vivienda digna, previsto en el artículo 51 superior, (...) La “dignidad” en el disfrute real de la vivienda no se reduce a una concepción ideal, pues involucra la noción de “habitabilidad”, en

condiciones de salubridad, funcionalidad, privacidad y seguridad, comportando responsabilidad de calidad, estabilidad y titularidad por parte del Estado y los urbanizadores” (Corte Constitucional de Colombia, 2013).

Es deber del arquitecto proyectar espacios para el habitar promoviendo el desarrollo psicosocial de las personas que permitan el fortalecimiento de los lazos emocionales y la expresión cultural de la sociedad.

ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Las ciudades son probablemente el mayor problema ambiental en la actualidad, se estima que el 56% de la población mundial vive en las ciudades y al 2050 este porcentaje crezca hasta alcanzar el 70% (Banco Mundial, 2023). El crecimiento de las ciudades viene acompañado de una mayor demanda de recursos naturales, mayor producción de residuos y problemas sociales fruto de la urbanización informal aumentando la carga sobre el mismo territorio lo que se deriva en la sobre explotación de recursos y el deterioro o desaparición de los ecosistemas naturales.

El desarrollo de las actividades humanas requiere de la construcción de obras de infraestructura y edificaciones que garanticen la protección, seguridad y bienestar de la población, sin embargo y debido a la forma lineal en la que se desarrolla el proceso constructivo (extraer, transformar, transportar, instalar, desechar), la actividad edificatoria es una de las mayores fuentes de emisiones de gases efecto invernadero GEI a la atmósfera (Rodgers, 2018) generando una enorme huella ecológica a lo largo de toda la cadena productiva, esto sin contar la huella derivada de la operación de la edificación a lo largo de su tiempo de vida útil.

En su ejercicio, la arquitectura tiene la responsabilidad de proyectar y construir el espacio para la construcción hábitat de las personas con las subsiguientes repercusiones que eso implica y por ello tiene la oportunidad y la obligación de proporcionar espacios saludables, amigables e inspiradores en concordancia con las necesidades del planeta y sus habitantes.

El reto entonces es diseñar edificaciones pensadas, analizadas y planeadas no solo como hecho espacial sino como estrategia y respuesta a las necesidades del mundo actual, como elemento integrador de la sociedad y cómo escenario del desarrollo humano.

La arquitectura ecológicamente sostenible, socialmente responsable y económicamente rentable debe expandir sus saberes y trastocar otras disciplinas que le permitan crear las estrategias necesarias para proporcionar soluciones viables y cada vez más eficientes para proyectar edificaciones que con desempeño eficiente y mejores condiciones de habitabilidad y confort a partir de donde empiezan a aplicarse de manera generalizada conceptos como:

El **ecodiseño** que consiste en incorporar criterios ambientales en la fase de concepción y desarrollo de cada producto (bien o servicio), tratando de tomar medidas preventivas con el objetivo de disminuir los impactos ambientales en las diferentes fases de su ciclo de vida, desde la producción hasta la eliminación del mismo. (Abaleo: factoría de soluciones ambientales, Sf)

La **Arquitectura Bioclimática** que consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. (Sanchez, Benito, Sf).

La **Construcción Sostenible**: el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define la construcción sostenible como un proceso holístico que busca restaurar y mantener la armonía entre el ambiente natural y el espacio construido, buscando crear asentamientos que reafirmen la dignidad humana y promuevan la equidad social y económica, lo cual implica, adoptar nuevas prácticas de diseño, de construcción y procesos de operación y mantenimiento con un enfoque ambiental, social y económico. (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

Como una apuesta por la racionalización en el uso de recursos, la integración con el ambiente natural y construido, la aplicación de conceptos y procesos de economía circular en todas

sus fases a través del análisis del ciclo de vida, la arquitectura sostenible planteados por el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible plantea del concepto **arquitectura sostenible** con los siguientes principios:

- Uso eficiente de los recursos
- Mitigación del impacto ambiental.
- Calidad y confort requerido (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

El creciente interés del gobierno nacional y de las agremiaciones por incorporar criterios de sostenibilidad a la actividad productiva y el avance en la normativa y los incentivos financieros y tributarios asociados están incentivando la migración de la industria de la construcción a procesos más eficientes y responsables lo que permitirá la reducción del impacto ambiental de la construcción.

Estructurar proyectos con criterios técnicos aplicados a la planeación, el diseño, la construcción y la operación de un ambiente construido que contribuya positivamente a la calidad de vida de los habitantes; bajo condiciones de viabilidad económica; resiliencia frente a la variabilidad climática; ecoeficiencia respecto al consumo de recursos naturales y bajo impacto respecto al paisaje, la biodiversidad y la conectividad ecológica (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

3.2 MARCO LEGAL:

El contexto normativo se convierte en una herramienta fundamental para promover y masificar la el uso de la construcción sostenible y el uso eficiente de los recursos en el crecimiento de las ciudades actuales, más aún cuando se ve incrementada la densidad de población en los centros urbanos; a continuación se relacionan las principales normas de obligatorio cumplimiento en el país:

- **Ley 373 de 1997:** Modificada por la Ley 812 de 2003, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- **Decreto 1090 de 2018** Por el cual se adiciona el **Decreto 1076 de 2015**, Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.
- **Decreto 1077 de 2015** *«Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio»*. Modificado por el **Decreto 1285 de 2015** “Por el cual se modifica el **Decreto 1077 de 2015**, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones”.
- **Resolución 549 de 2015** Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la Parte 2, del Libro 2 del Decreto número 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.
- **Resolución 472 de 2017** del Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible por medio de la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 926 del 19 de marzo de 2010** por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10. Modificado en los decretos 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011, 340 del 13 de febrero de 2012 y 945 del 5 de junio de 2017.

Documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES):

- **Conpes 3919 de 2018:** Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, en el cual se establece como objetivo general “impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones a través de ajustes normativos, el desarrollo de mecanismos de seguimiento y la promoción de incentivos económicos, que contribuyan a mitigar los efectos negativos de la actividad edificadora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación”.

- **Conpes 3819 de 2014:** Política nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia cuyo objetivo es fortalecer el sistema de ciudades como motor del crecimiento del país, promoviendo la competitividad regional y nacional, el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos y la sostenibilidad ambiental, en un contexto de equidad y post conflicto.
- **Conpes 3718 de 2016:** Política nacional de espacio público; su objetivo es contribuir a la disminución del déficit cuantitativo y cualitativo de espacio público en los municipios y distritos, en las escalas urbana y suburbana, con énfasis en las zonas donde se localiza la población más pobre, a través, de la participación público privada y mediante estrategias institucionales, normativas, de gestión y financiación.
- **Conpes 3874 de 2016: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos,** tiene por objetivo implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para contribuir al fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático.
- **Conpes 3918 de 2018: Estrategia para la implementación de los ODS en Colombia;** su objetivo es definir la estrategia de implementación de los ODS en Colombia, estableciendo el esquema de seguimiento, reporte, rendición de cuentas , el plan de fortalecimiento estadístico, la estrategia de implementación territorial y el mecanismo de interlocución con actores no gubernamentales.
- **Conpes 3934 de 2018: Política de crecimiento verde;** su objetivo es impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.
- **Conpes 4004 de 2020: Economía Circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.** Su objetivo es implementar un modelo de economía circular y desarrollar mecanismos de gestión de la información en la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales para garantizar la

disponibilidad de agua en el largo plazo, y la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales en condiciones de calidad y continuidad.

La implementación de nuevas formas de hacer las cosas esta siempre ligada a la gobernanza dado que la institucionalidad fortalece y respalda los procesos, además, de dar un marco regulatorio para que se cumplan. Colombia, inscrita en múltiples acuerdos internacionales derivados especialmente de las Naciones Unidas ha desarrollado diferentes instrumentos de gestión, vinculantes y no vinculantes lideradas por el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Concejo Nacional de Política Económica y social y promovido en el gremio de la construcción por Camacol y el Concejo Colombiano de Construcción Sostenible para su aplicación y cumplimiento.

Sin embargo y a pesar de las metas establecidas por las normas anteriormente enunciadas y la obligatoriedad de aplicación de las estrategias planteadas por la resolución 0549 sobre ahorro de agua y energía en todas las edificaciones excepto en VIS, su contenido no es de dominio general de los profesionales involucrados a lo que se suma que las curadurías, encargadas de hacer cumplir la norma, no tienen un protocolo que evalúe minuciosamente su aplicación como ocurre por ejemplo con la NSR 10.

Así mismo, y a través de conversaciones informales con profesionales del diseño y la construcción se evidencia que la sostenibilidad no es una prioridad en el diseño dado que la aplicación de criterios de arquitectura bioclimática, eco diseño y construcción sostenible puede producir costos adicionales en el proyecto lo que puede no resultar viable financieramente teniendo en cuenta que el mercado de la vivienda en el país ha disminuido su crecimiento en los años posteriores a la pandemia del Covid 19.

3.3 ANTECEDENTES

Política Pública de Gestión Ambiental Urbana 2008 formulada con el objetivo de Establecer directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, definiendo el papel y alcance e identificando recursos e instrumentos de los diferentes actores involucrados, de acuerdo con sus competencias y funciones, con el fin de armonizar la gestión, las políticas sectoriales y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir a la sostenibilidad ambiental urbana y a la calidad de vida de sus pobladores, reconociendo la diversidad regional y los tipos de áreas urbanas en Colombia.

En el marco de la Política de Gestión Ambiental Urbana, Min Ambiente desarrolló y publicó el documento «Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana», el cual integra un conjunto de propuestas, con enfoque principalmente preventivo, relacionados con el uso de recursos renovables. Los criterios allí propuestos se enfocan en tres objetivos básicos de sostenibilidad:

- Racionalizar el uso los recursos naturales renovables.
- Sustituir con sistemas o recursos alternativos.
- Manejar el impacto ambiental producido.

Transversal a esos objetivos, se desarrollan fichas técnicas aplicables a cuatro ejes temáticos: agua, suelo, energía y materiales. (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

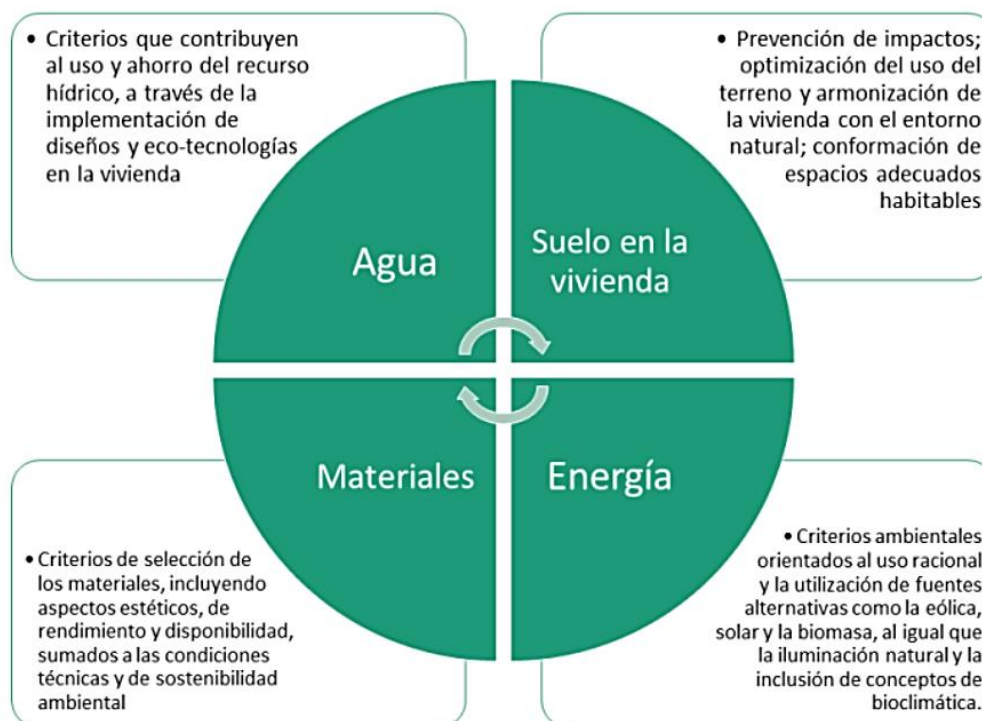


Figura 2 Ejes temáticos aplicables a la construcción sostenible (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

Política pública de construcción sostenible del Valle de Aburrá: es un documento estratégico para el desarrollo de los municipios del área metropolitana que tiene como objetivo un desarrollo más sustentable en los procesos constructivos, con menores impactos en los municipios que conforman la región, poniendo a disposición las guías metropolitanas de construcción sostenible, compuesta de los siguientes documentos:

- ✓ Línea Base
- ✓ Marco Jurídico
- ✓ Lineamientos
- ✓ Guía de Caracterización del lugar a construir.
- ✓ Guía para la inclusión de Criterios de Sostenibilidad en la Planeación Urbanística
- ✓ Guía para la inclusión de Criterios de Sostenibilidad en el Diseño de Espacio Público.

- ✓ Guía para el Diseño de Edificaciones sostenibles.
- ✓ Guía para la Rehabilitación Sostenible de Edificaciones. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019).

Manual de Construcción Sostenible de Cali: El manual consta de 120 criterios de sostenibilidad relacionados con urbanismo sustentable, ahorro de energía, ahorro de agua, reutilización de materiales, que serán guía para los constructores en sus futuros proyectos. Adicionalmente, este manual tendrá un sistema de calificación que brindará beneficios como: el aumento del porcentaje de edificabilidad, incentivos tributarios, agilidad en trámites administrativos y acceso a programas de educación. (Giraldo, 2022).

Política pública de eco urbanismo y construcción sostenible de Bogotá. Decreto 566 de 2014 es un instrumento estructural mediante el cual se direccionan acciones de orden técnico, institucional, económico y social que generan lineamientos complementarios para los instrumentos de planeación; tiene como objetivo reorientar las actuaciones de urbanismo y construcción de Bogotá D.C., hacia un enfoque de desarrollo sostenible, contribuyendo con la transformación de un territorio resiliente que mitiga y se adapta al cambio climático. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2019).

Manual de Eco urbanismo y Construcción Sostenible (ECOS). Decreto 582 de 2023 por el cual se reglamentan las disposiciones de eco urbanismo y construcción sostenible del POT de Bogotá: El manual de eco urbanismo y construcción sostenible (ECOS) plantea los aspectos mínimos obligatorios que una edificación nueva debe incorporar en su diseño y construcción, asociados al bienestar que incluye el confort térmico, el confort lumínico, el confort acústico, la calidad del aire interior, el reverdecimiento, los materiales e insumos con atributos de sostenibilidad, la eficiencia en agua, la eficiencia en energía, y la interacción de las edificaciones con las dinámicas de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá. (Equipo Manual de Ecurbanismo y Construcción Sostenible, 2023)

4 DESARROLLO TEMÁTICO

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR COMO BASE DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La ciudad de Manizales, capital del departamento de Caldas está ubicada en el centro occidente de Colombia a una altura promedio de 2150 msnm, sobre la cuenca del Río Chinchiná. Conformar el área metropolitana Centro Sur del departamento junto con los municipios de Neira, Palestina y Villamaría.

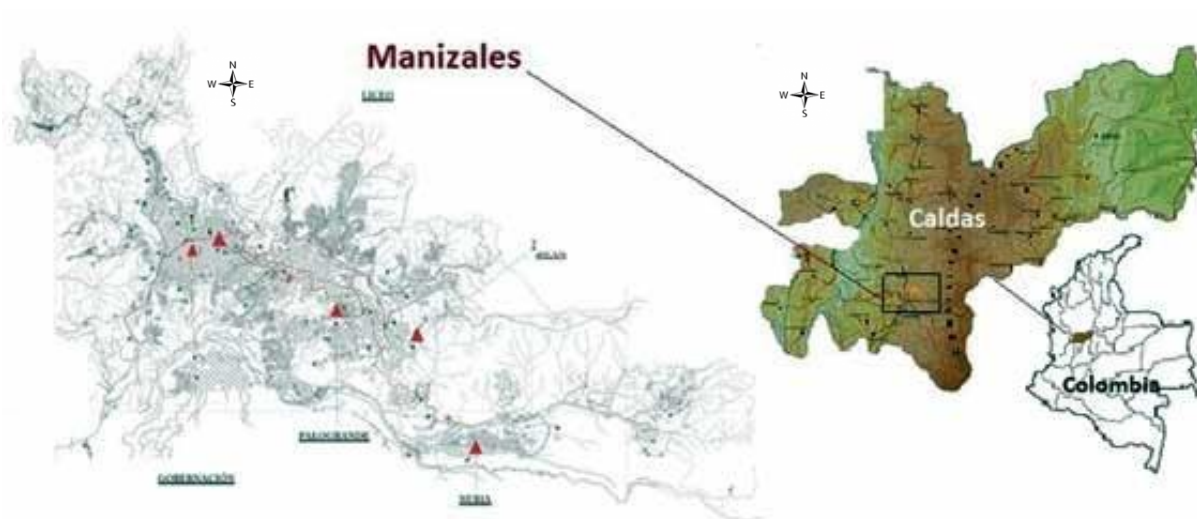


Figura 3 Plano de localización de Manizales (Li Ramirez & al, 2016)



Figura 4 Manizales dentro del área metropolitana centro sur. (Duque Escobar, 2016)

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- **SUELO:**

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta.

Así mismo, es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la biodiversidad. Es igualmente fundamental para la tierra, el territorio y las culturas; da soporte a la vida y a las actividades humanas permitiendo garantizar los derechos ambientales de las generaciones presentes y futuras.

A pesar de su importancia, el uso insostenible del suelo, entre otras actividades antrópicas, ocasiona su degradación, la cual resulta particularmente preocupante, por el efecto negativo en los ecosistemas, los organismos y las comunidades. (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Sf).

El tipo de característico de los suelos en Manizales es derivado de los materiales piroclásticos la ciudad se encuentra asentada sobre suelos con condiciones geológicas especiales como son: alta sismicidad, presencia generalizada de fallas geológicas activas, cenizas volcánicas y suelos no consolidados sobre una topografía con altas pendientes. (Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Sf).

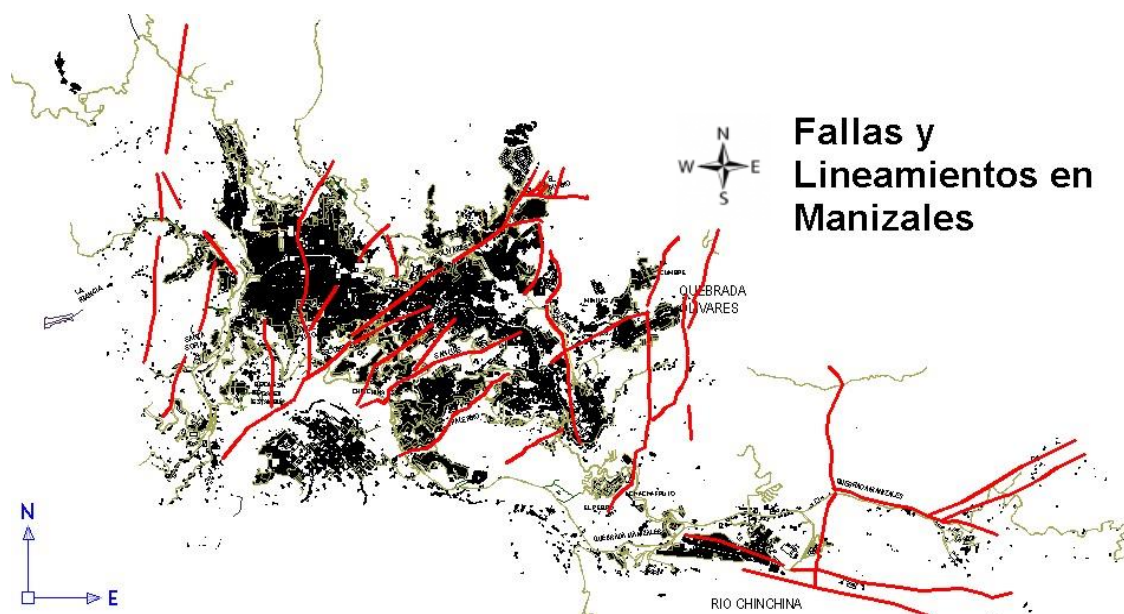


Figura 5 Mapa de fallas geológicas de Manizales. (Ingesam, 2014)

El área de estudio se encuentra afectada tectónicamente por dos sistemas principales de fallas, el de Romeral y el de Palestina, con tendencias dominantes Norte-Sur y Noreste.

- **RELIEVE**

El terreno físico de Manizales es accidentado con valles profundos, pendientes pronunciadas y largas crestas. Gran parte de la ciudad está construida a lo largo de una larga cresta orientada de este a oeste, con las elevaciones más altas al norte y al este (> 2300 m), y las elevaciones más bajas al sur y al oeste (< 1900 m).

El suelo de Manizales se caracteriza por su topografía quebrada con alturas variables entre los 2250 a los 1800 msnm en la zona urbana lo que permite diversidad de climas y paisajes desde abruptas montañas con pendientes hasta del 50% y amplios valles. (Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Sf).

Su geografía física, características del suelo, precipitaciones y recursos acuíferos están determinados por la influencia del macizo Cumanday. Entre los volcanes activos de este macizo,

a una altura de 5.400 metros sobre el nivel del mar, se encuentran las cumbres nevadas del Nevado del Ruiz.

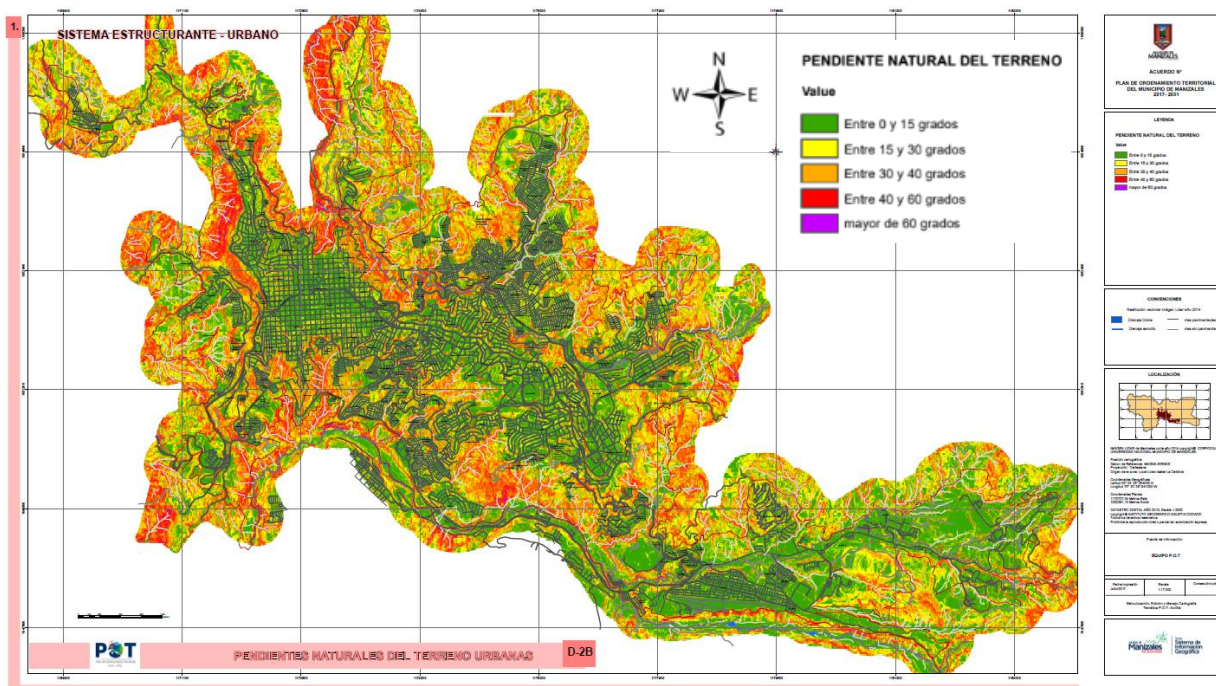


Figura 6 Plano de Manizales con las pendientes del terreno. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007)

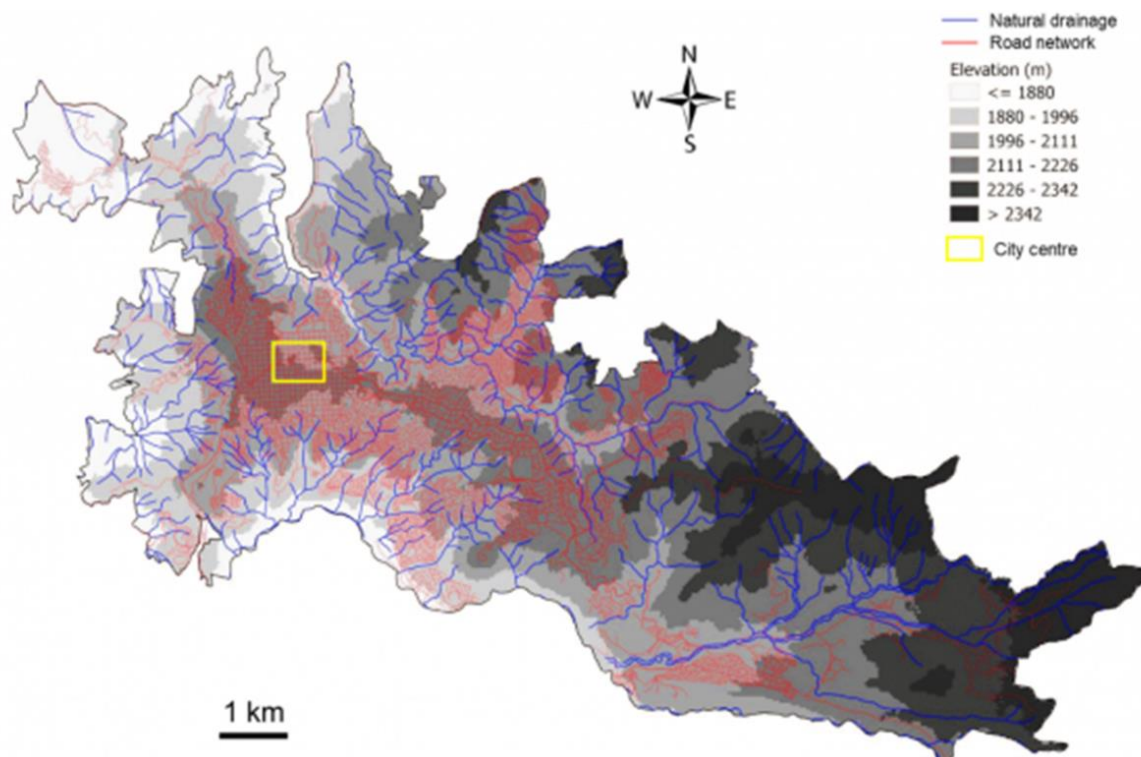


Figura 7 Plano de elevaciones en msnm. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi el Municipio de Manizales posee un área de 43948 hectáreas y se extiende por la Vertiente Occidental de la Cordillera Central desde su cima hasta las orillas del Río Cauca. Se encuentra afectada tectónicamente por dos sistemas principales de fallas, el de Romeral y el de Palestina, con tendencias dominantes Norte-Sur y Noreste, respectivamente. (IGAC 2001).

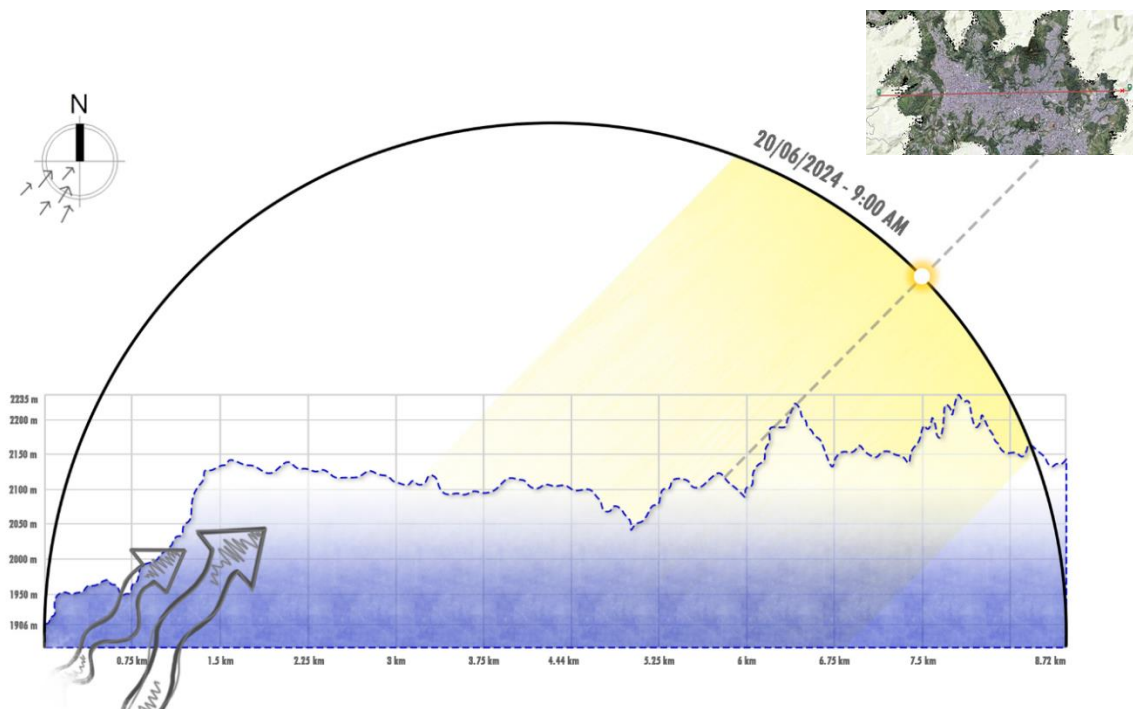


Figura 8 Corte esquemático de Manizales, oriente- occidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

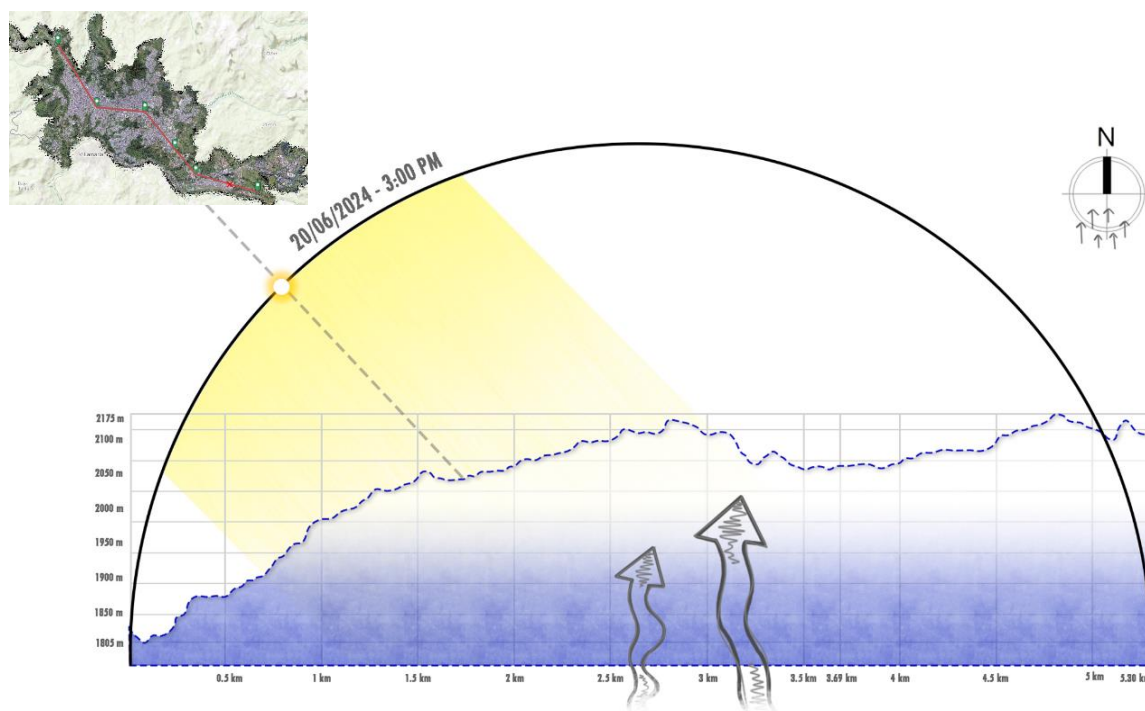


Figura 9 Corte esquemático de Manizales nororiente- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.



Figura 10 Corte esquemático de Manizales noroiente- suroriente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

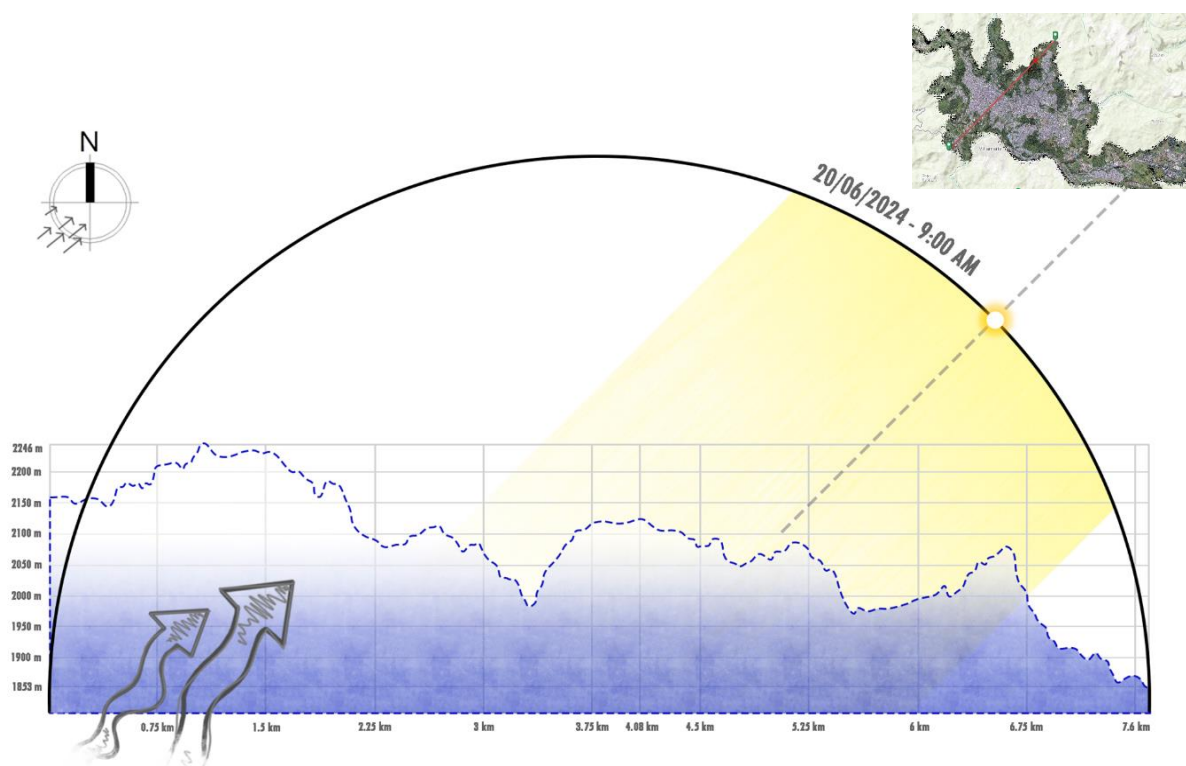


Figura 11 Corte esquemático de Manizales norte- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

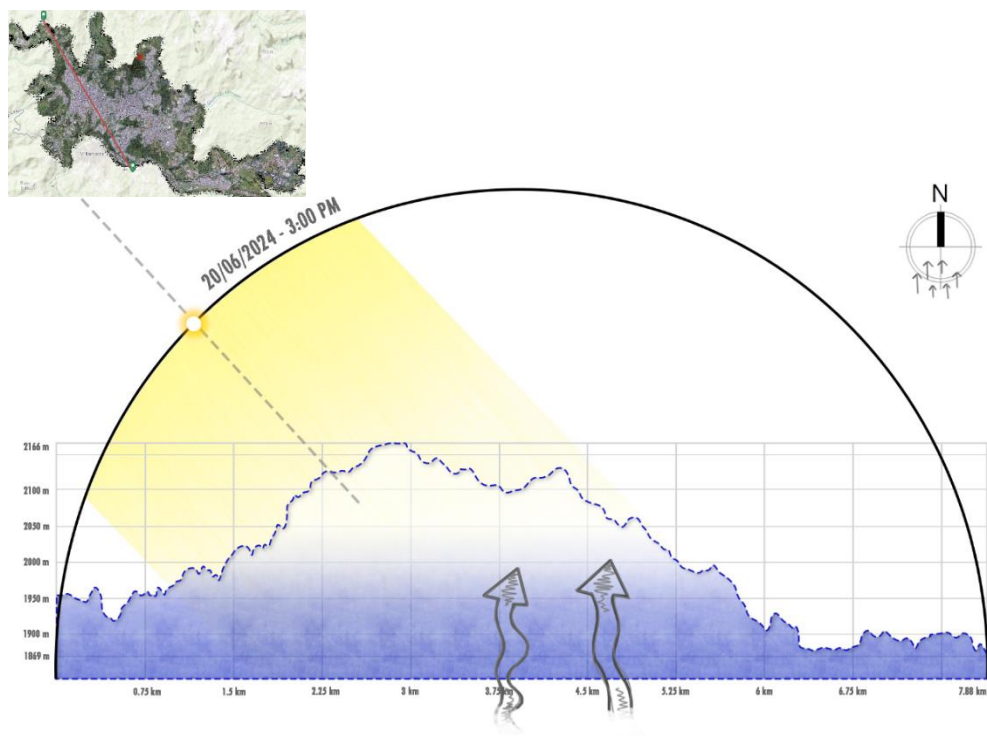


Figura 12 Corte esquemático de Manizales noroccidente- sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

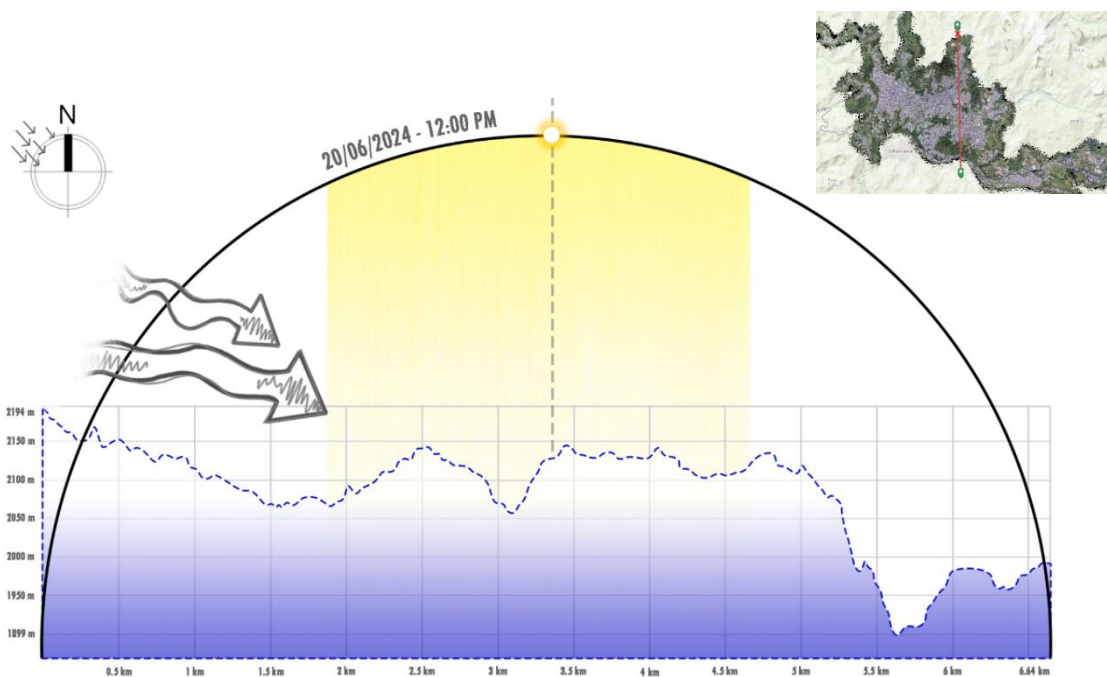


Figura 13 Corte esquemático de Manizales norte-sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

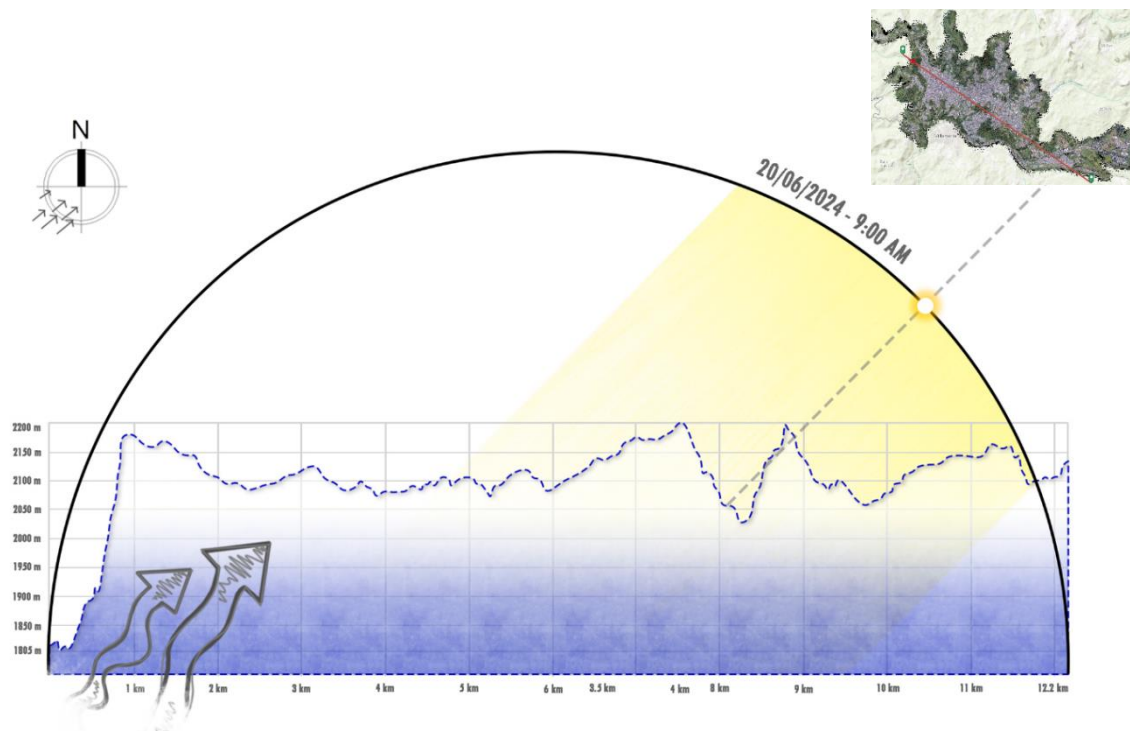


Figura 14 Corte esquemático de Manizales occidente- suroccidente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

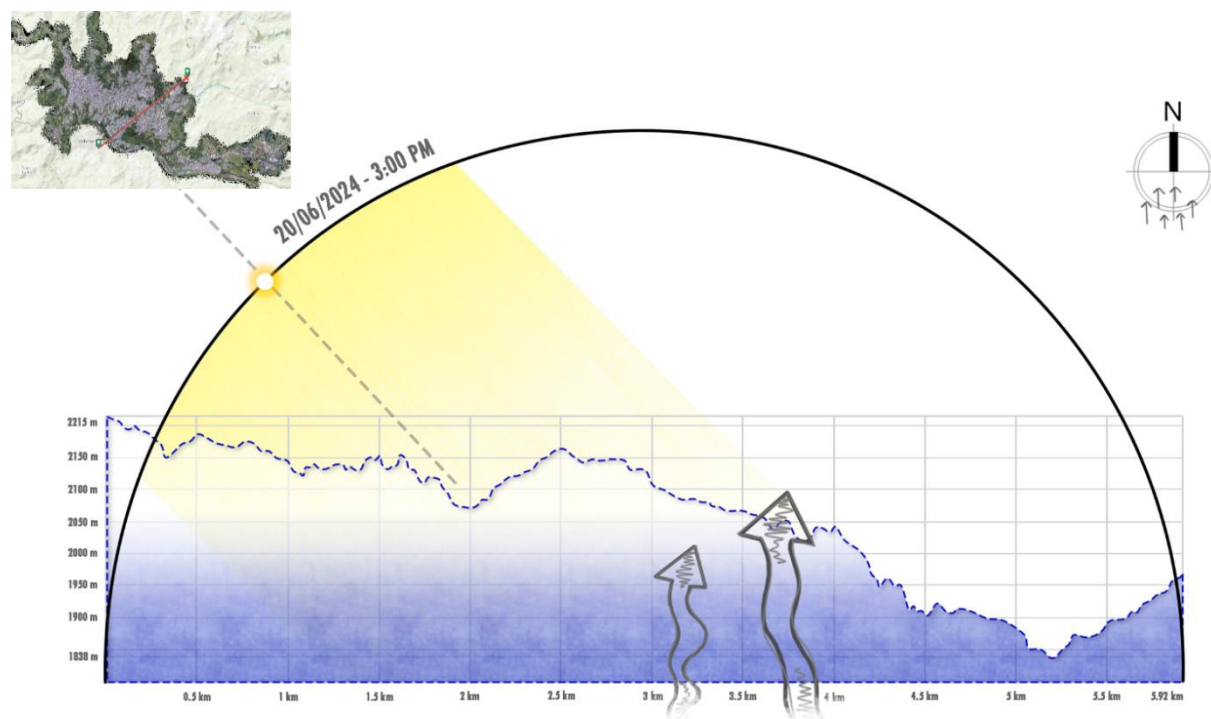


Figura 15 Corte esquemático de Manizales nororiente- sur. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

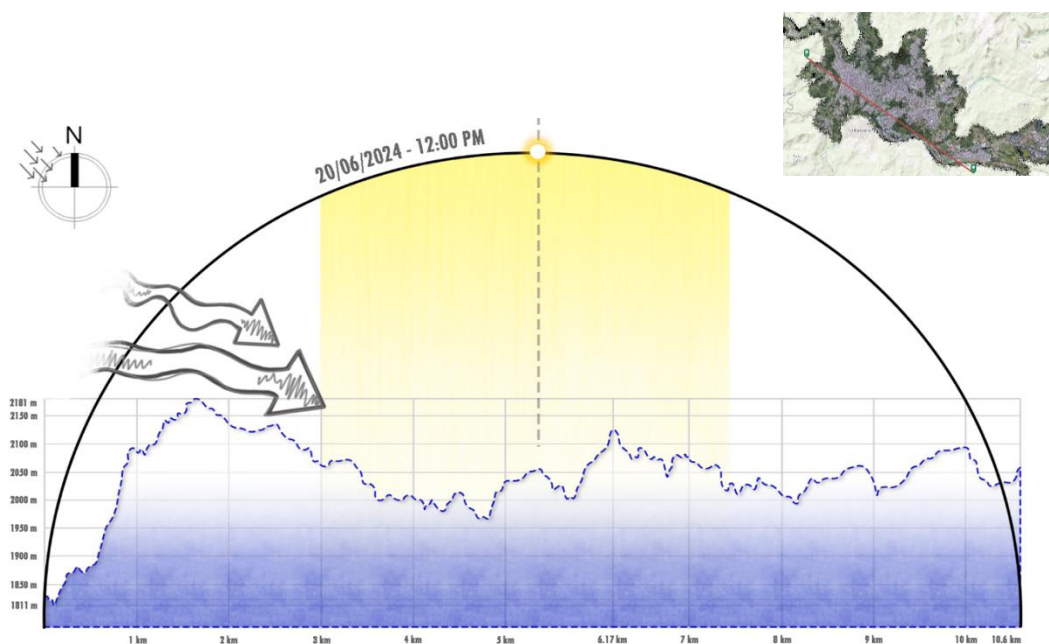


Figura 16 Corte esquemático de Manizales occidente- suroriente. (Alcaldía de Manizales, 2020). Gráfico elaborado por Juliana Estrada V.

Los cortes anteriores muestran la heterogénea topografía de la ciudad con alturas variables entre 2200 y 1900 msnm en zonas urbanas por lo que las condiciones de asoleación y ventilación son cambiantes generando sombras y cambios de presión que afectan de diferentes formas cada zona específica del territorio.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS:

El mesoclima es el clima regional analizado en un rango de distancia de 1 a 50 km² y está definido por la latitud, la altitud, el relieve, la proximidad a grandes masas de agua o zonas boscosas.

Según la clasificación climática de Köppen, la ciudad posee el clima ecuatorial de montaña Csb_i que se caracteriza por una diferencia térmica entre el mes más frío y el más cálido de menos de 5°C, y se divide en dos temporadas: las lluviosas se inician con los solsticios el 22 de junio y 21 de diciembre, y las secas con los equinoccios el 21 de marzo y 22 de septiembre.

En el entorno nacional, el decreto 1285 mediante el anexo 2 de la resolución 0549 establece la clasificación climática del país con base en la temperatura y la humedad relativa de cada municipio del país. Bajo esta clasificación, Manizales es una ciudad de clima frío. Dicha clasificación climática viene acompañada de una serie de requerimientos de diseño de obligatorio cumplimiento que tienen como objetivo la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y el agua durante el ciclo operativo de las edificaciones y que para el caso de Manizales, se estudiará su aplicación en el siguiente capítulo.

- **Temperatura:** La temperatura es la cantidad de energía calorífica que posee el aire en un momento determinado. (Meteorología y climatología de Navarra, Sf).

El análisis de temperatura de un lugar se realiza teniendo en cuenta la temperatura mínima, media y máxima presentada en el periodo de tiempo evaluado, la amplitud o rango de temperatura corresponde a la diferencia entre la temperatura mínima y la temperatura máxima en el mismo periodo de tiempo.

La temperatura es proporcional a la radiación total incidente y es afectada por factores como la latitud, la altitud, las corrientes marinas, los vientos, la nubosidad, el relieve, la convección y la turbulencia del aire. (Murthy, 2002).

Los registros de las estaciones meteorológicas de la ciudad muestran como el mes de mayor es septiembre con 22.7°C y el más frío agosto con 10.9°C mientras la temperatura media es 16°C .

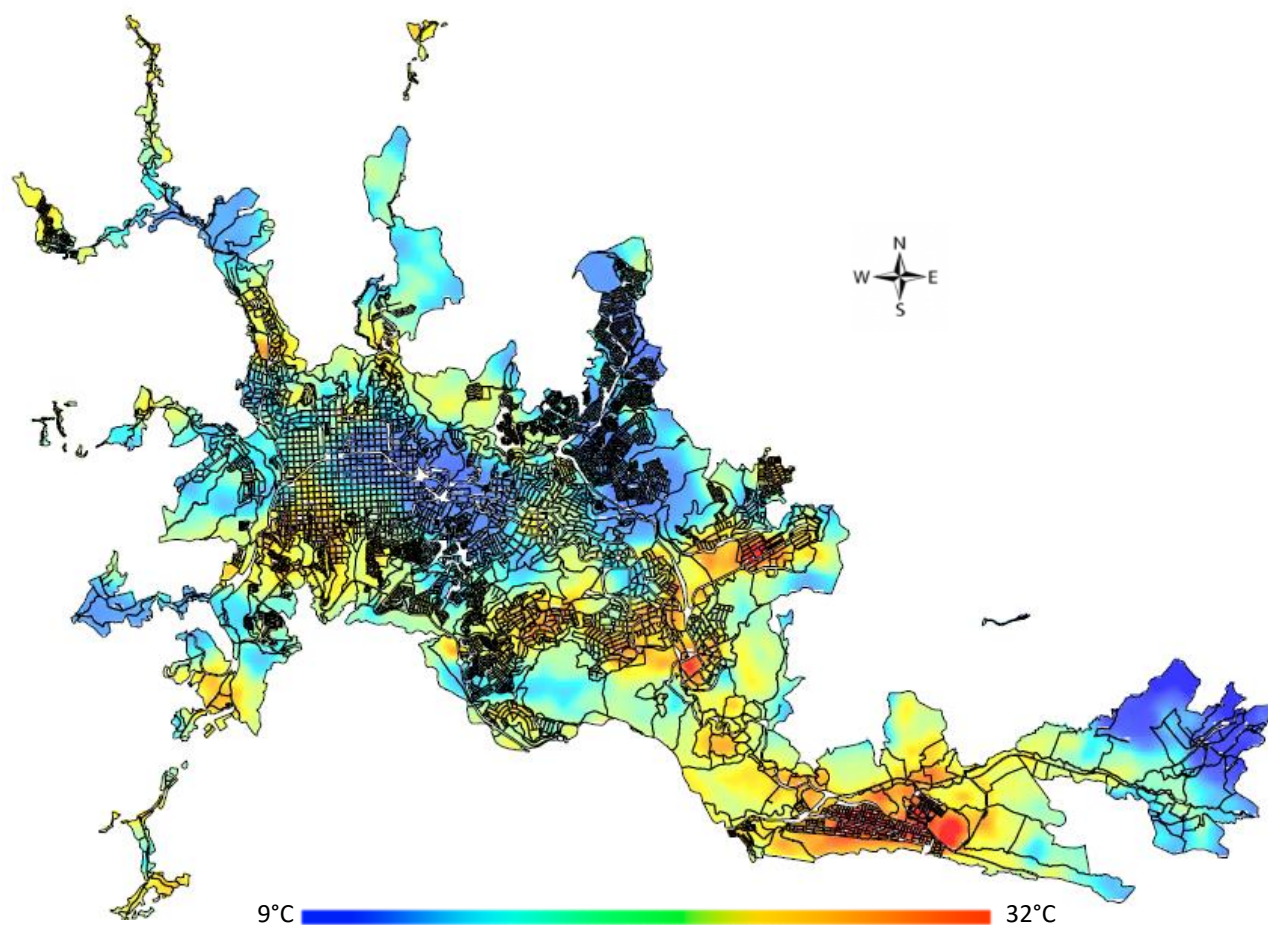


Figura 17 Plano de temperatura superficial Manizales 2013. Plano procesado en ArcGis. Elaboración Ricardo Echeverry C.

Los planos comparativos de la temperatura superficial de la ciudad en el año 2013 y 2023 muestran el aumento de la temperatura en el centro y centro oriente de la ciudad pasando de temperaturas aproximadas de 15°C a 28°C en zonas de mayor tráfico vehicular lo que evidencia que empieza a presentarse el fenómeno de isla urbana de calor.

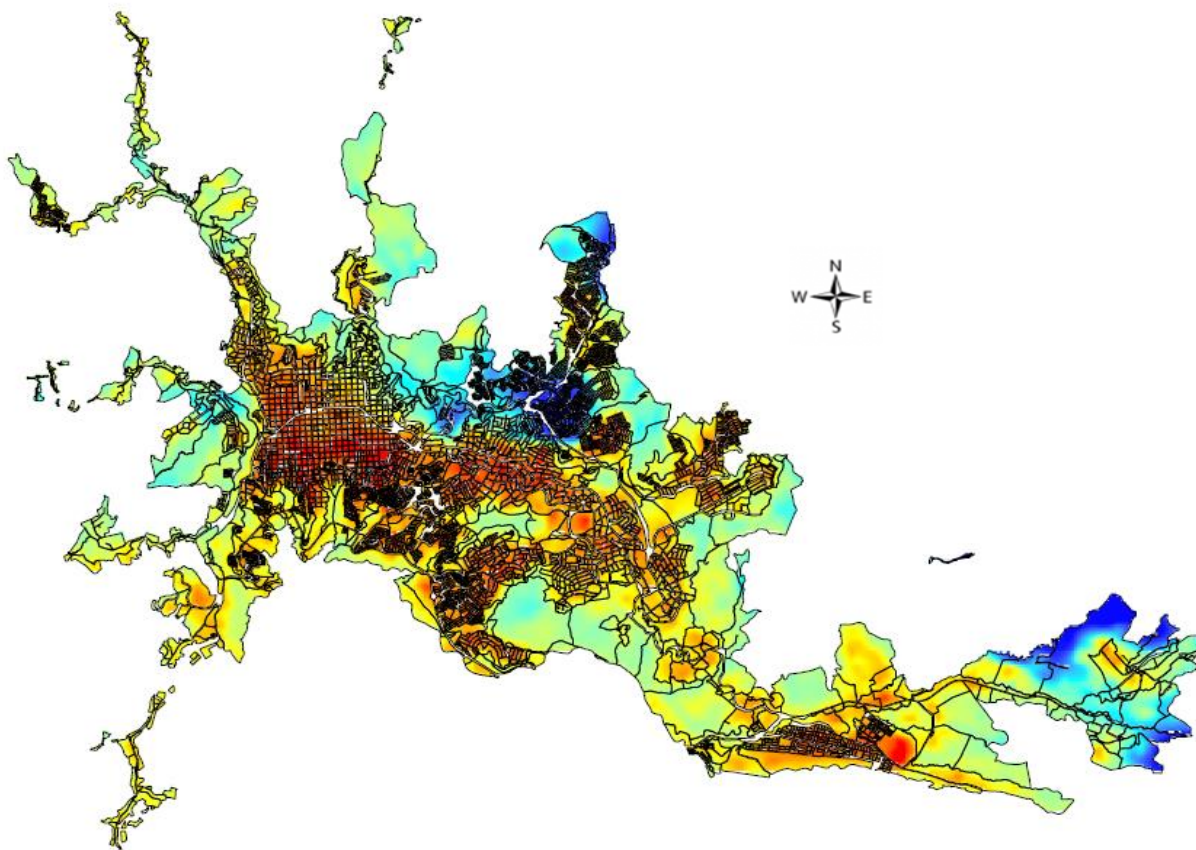


Figura 18 Plano de temperatura superficial de Manizales 2023. Plano procesado en ArcGis. Elaborado por Ricardo Echeverry

- **Precipitaciones:** Es la caída al suelo del agua contenida en la atmósfera. Puede ser en forma de agua, de nieve, de brumas o de rocío y se produce cuando la atmósfera no puede contener más agua y esta se condensa y precipita. Se mide en litros por metro cuadrado de superficie (l/m^2), o su medida equivalente milímetros de altura del agua caída (mm). (Meteorología y climatología de Navarra, Sf).

Enero es el mes más seco del año con 736 mm de lluvia y julio el más lluvioso con una precipitación de 1864 mm, teniendo un promedio mensual de 21 días de lluvia.

Las precipitaciones estacionales en la ciudad de Manizales se deben a su ubicación en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Anualmente, el clima de Manizales está fuertemente influenciado por El Niño Oscilación del Sur (ENOS), cuyos eventos están asociados con años cálidos/seco (El Niño), años fríos/húmedos (La Niña) y años neutrales. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).

Las elevaciones más bajas al sur, oeste y este reciben menos lluvia, mientras que las elevaciones más altas a lo largo de la cordillera Central reciben más. Las precipitaciones disminuyen drásticamente al aumentar las elevaciones hacia el este, lo que sugiere un efecto de “sombra de lluvia” a sotavento de la ciudad. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).

El conocimiento de la distribución de la precipitación permite conocer la disponibilidad de agua de una región y mejorar la planificación agrícola; es además fundamental para el diseño de obras hidráulicas, para la gestión del riesgo y para la ordenación del territorio. La lluvia acumulada es un indicador de utilidad para conocer la susceptibilidad al deslizamiento en una zona específica y permite generar niveles de alerta según los valores obtenidos. (Aristizabal Zuluaga & Duque Mendez, 2015).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.9	16.3	16.4	16.3	16.2	15.9	15.7	15.8	15.8	15.9	16	16
Temperatura mín. (°C)	11.4	11.7	12	12.3	12.3	11.6	11.1	10.9	11.2	12	12.4	11.9
Temperatura máx. (°C)	21.5	22	22.3	22.1	22	22.4	22.3	22.6	22.7	21.4	21	21.2
Precipitación (mm)	736	857	1207	1371	1557	1781	1864	1808	1510	1142	928	869
Humedad(%)	87%	87%	88%	91%	92%	91%	90%	90%	90%	91%	90%	89%
Días lluviosos (días)	22	20	21	21	22	21	22	22	21	22	21	22
Horas de sol (horas)	5.4	5.3	5.1	4.9	4.6	4.8	5.1	5.1	4.9	4.8	4.7	5.0

Data: 1991 - 2021 Temperatura mín. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Figura 19 Climograma de Manizales. (Climate data, 2021).

- **Humedad:** La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua presente en el aire y se mide en g/m³. La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a una determinada temperatura. Cuanto mayor es la temperatura del aire, más cantidad de vapor de agua disuelto admite. (Meteorología y climatología de Navarra, Sf). Para la evaluación de confort de un espacio se usa la humedad relativa.

En las zonas tropicales, donde las variaciones de la temperatura durante el día son generalmente grandes, la humedad relativa cambia considerablemente en el transcurso del día; es máxima en la noche y mínima en el día (Aristizabal Zuluaga & Duque Mendez, 2015). El comportamiento a través del año es similar en toda la región Andina, de tipo bimodal con dos picos máximos entre abril y mayo y en los meses de noviembre y diciembre y los mínimos entre febrero y marzo y entre julio y septiembre. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2005).

- **Radiación solar:** En términos referentes al sol es importante tener en cuenta dos conceptos diferentes pero relacionados: el brillo solar que se define como la cantidad de horas diarias en que los rayos del sol llegan de manera efectiva a la tierra y la radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Sf).

Tipos de radiación solar según la forma en la que llega a la Tierra:

- **Radiación solar directa.** Este tipo de radiación es la que traspasa la atmósfera y alcanza la superficie de la Tierra sin haber sufrido dispersión alguna en su trayectoria.
- **Radiación solar difusa.** Es la radiación que alcanza la superficie de la Tierra tras haber sufrido múltiples desviaciones en su trayectoria, por ejemplo, por los gases presentes en la atmósfera.

- **Radiación solar reflejada.** Es aquella fracción de radiación solar que es reflejada por la propia superficie terrestre, en un fenómeno conocido como efecto albedo. (Iberdrola, 2023).

La cantidad de radiación solar absorbida por la superficie es afectada por la posición del sol, la altitud, la latitud, la exposición de la ladera, la nubosidad y la neblina. (Jaramillo Robledo, 2005)

Según datos suministrados por la estación Meteorológica EMAS, Manizales tiene un promedio anual de radiación de 3822 Wh/m²/día y un promedio de brillo solar de 4.2 horas al día, presentando un buen potencial para el aprovechamiento de la energía solar (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales; Unidad de Planeación Minero Energética, 2017).

- **Geometría solar:** el conocimiento de la trayectoria solar permite orientar correctamente el edificio para cumplir con la necesidad de confort planteada, en el caso de Manizales, debido a sus características climáticas es la ganancia térmica.

La tierra gira alrededor del sol describiendo una órbita elíptica y mantiene un ángulo de inclinación aproximado de 23.44° con respecto a la línea del Ecuador, dicho ángulo varía diariamente a lo largo del año entre los -23.44° y 23.44°. Durante los equinoccios este ángulo de inclinación es cero.

Esta inclinación provoca que los rayos solares incidan en diferentes ángulos a lo largo del año, sobre la superficie de la tierra. Cuando la inclinación aumenta sobre la línea del Ecuador, disminuye la densidad de la energía que afecta una superficie y viceversa. (Guadarrama, 2019)

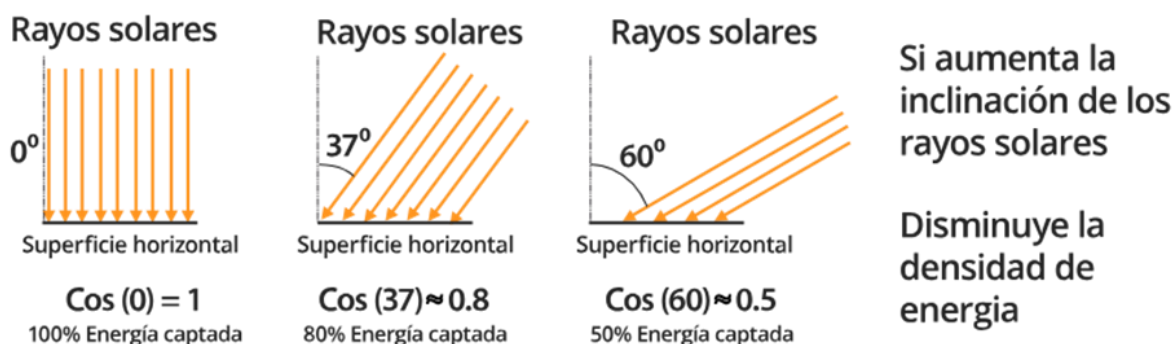


Figura 20 Esquema de incidencia de los ángulos solares. (Guadarrama, 2019).

En la geometría solar es importante entender los siguientes términos:

- **Equinoccio:** es el momento del año que el sol se sitúa sobre el Ecuador la duración del día y de la noche es la misma en toda la Tierra, lo cual sucede del 20 al 21 de marzo y del 22 al 23 de septiembre. (Real Academia de la Española, Sf.).
- **Solsticio:** Momentos anuales en los que el sol se halla sobre uno de los trópicos lo que ocurre el 21 de junio para el trópico de Cáncer y el 21 de diciembre para el trópico de Capricornio y en los que la diferencia entre la duración del día y de la noche, es mayor. En el solsticio de invierno el día es más corto y la noche más larga y en el solsticio de verano el día es más largo que la noche. (Real Academia Española, Sf.).
- **Azimut:** es el ángulo que se forma entre la línea que une a un observador con el Norte geográfico, y la línea proyectada sobre la superficie que señala la posición de un cuerpo celeste en el cielo, en este caso el sol, desde la ubicación exacta del observador. Se mide en grados (de 0° a 360°), y el ángulo se considera siempre desde el punto cardinal Norte, en el sentido de las agujas del reloj (Clima, Sf). El azimut varía a lo largo del día.

Complementario al azimut es la altura o elevación que es la distancia angular vertical que hay entre el cuerpo celeste en cuestión y el horizonte que ve el observador (Portillo, Sf)



Figura 21 Azimut y altura del ángulo solar, imagen procesada en <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html>

Figura 22 Ángulo de altura del sol. (Portillo, Sf).

La tierra recibe una radiación incidente promedio de 342 W/m^2 , distribuidos de la siguiente forma:

- 77 W/m^2 (22%) es reflejada nuevamente a la atmósfera.
- 67 W/m^2 (20%) es absorbida por la atmósfera.
- 198 W/m^2 (58%) atraviesa la atmósfera y llega a la superficie terrestre de las cuales el 29% es radiación difusa por efecto mismo de la atmósfera y el 29% es radiación directa. (Seiscubos, 2021).

Mientras menor sea el ángulo de incidencia del sol, menor será la temperatura y la radiación que recibe, la mayor radiación se recibe al medio día cuando el sol se encuentra en su punto más alto.

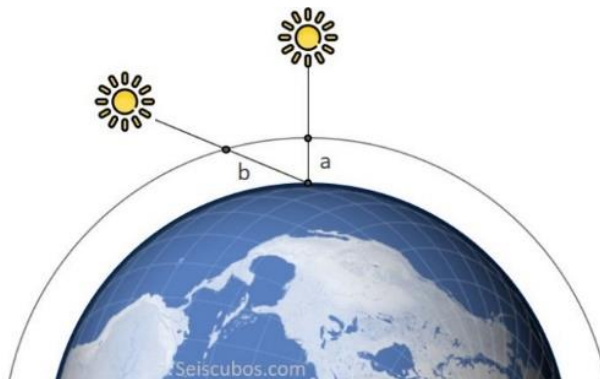


Figura 23 Gráfico de incidencia solar. (Seiscubos, 2021)

Trayectoria solar en Manizales en los equinoccios y solsticios de 2024

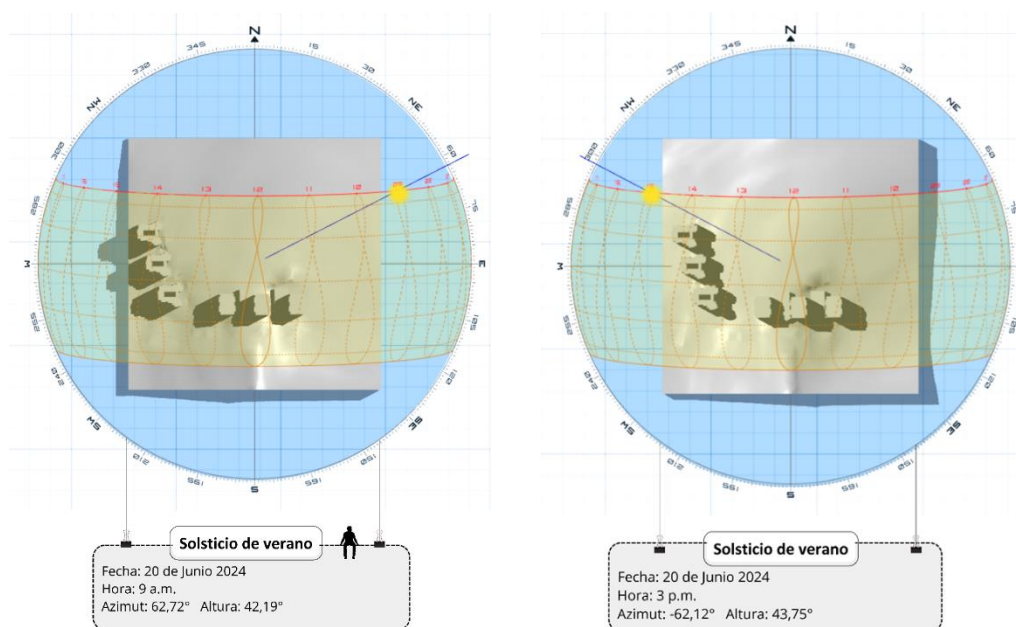


Figura 24 Solsticio de verano en Manizales. Sector Niza, oriente de la ciudad; 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en Andrewmarsh.com

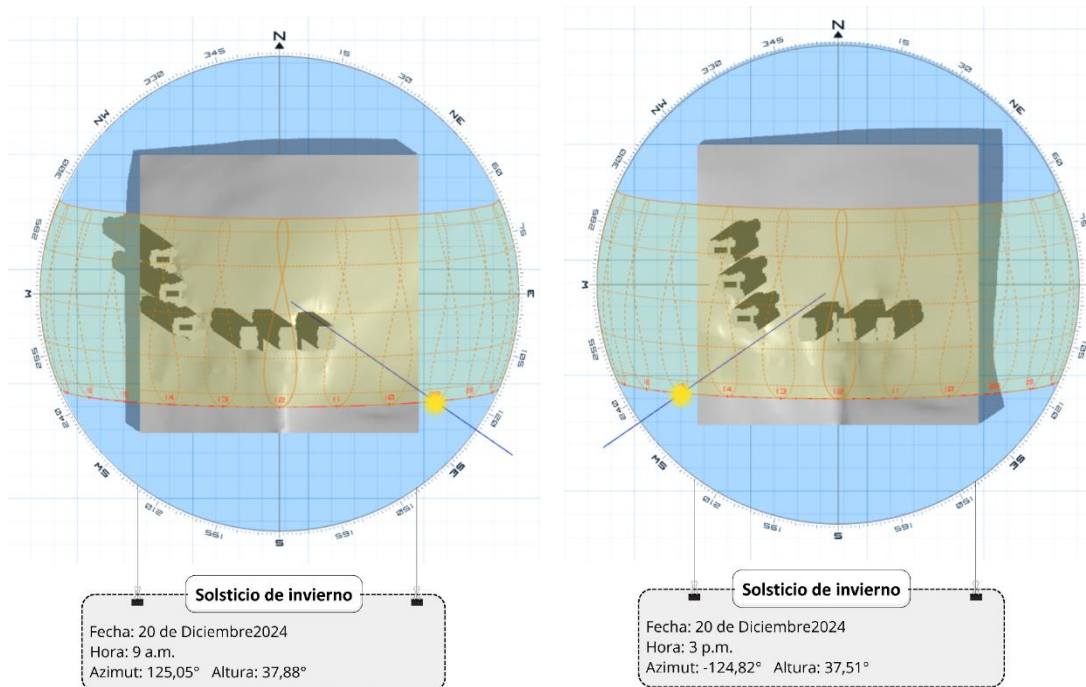


Figura 25 Solsticio de invierno en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad; 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com

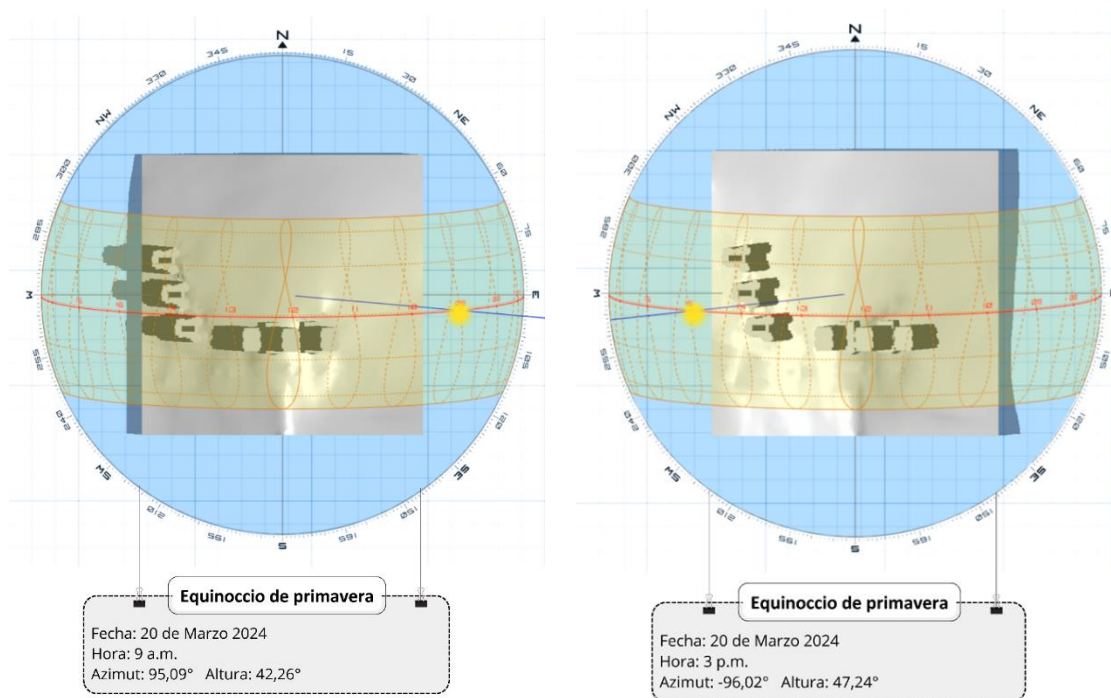


Figura 26 : Equinoccio de primavera en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad. 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com

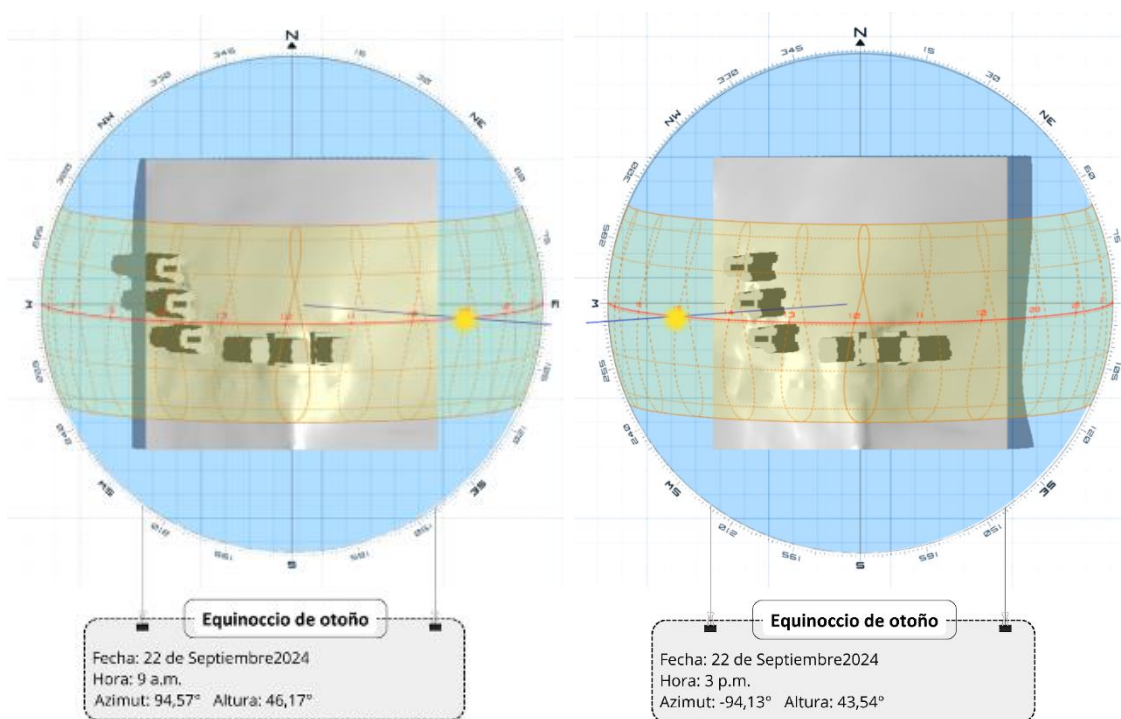


Figura 27 Equinoccio de otoño en Manizales, sector Niza. Oriente de la ciudad. 9 am y 3 pm. Gráfico procesado en andrewmarsh.com

- **Viento:** Es el movimiento del aire en la atmósfera, que se desplaza desde las zonas de altas presiones a las de bajas presiones. Aunque este movimiento tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, en meteorología se mide sólo la velocidad y dirección de su componente en el plano horizontal (Meteorología y climatología de Navarra, Sf)

Los vientos en Manizales presentan una dirección oeste durante el día y este durante la noche; las circulaciones de aire diurnas se mueven cuesta arriba de las laderas (vientos anabáticos) hacia el área urbana, principalmente desde el oeste, pero con aspectos hacia el sur y el norte. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)

(a) Área de viento diurno

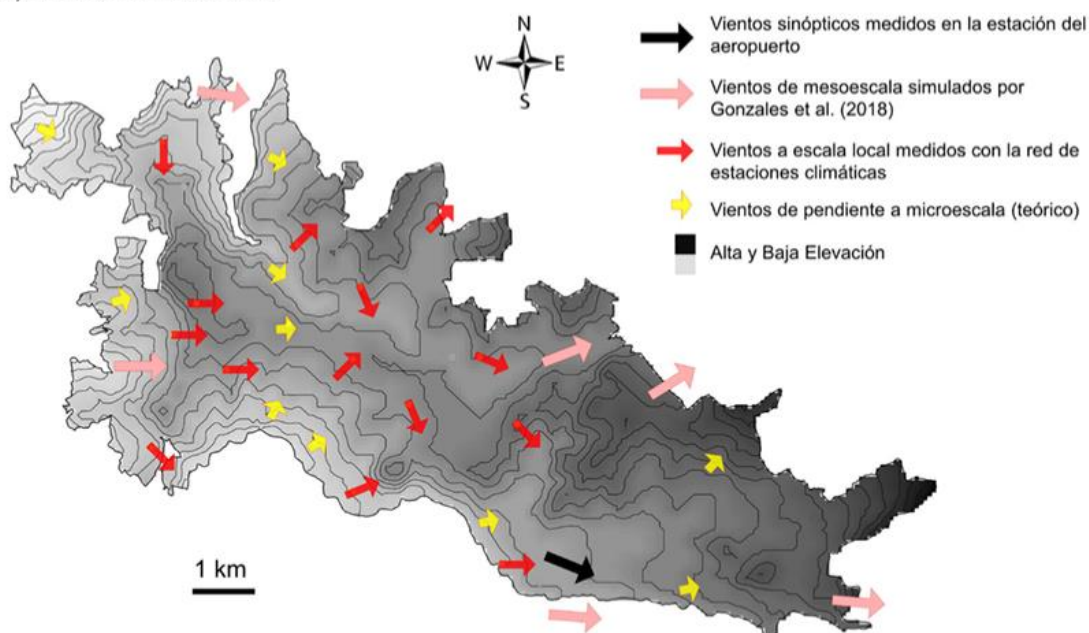


Figura 28 Plano de vientos diurnos. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)

En el centro de la ciudad, el flujo de aire se canaliza a través de la red de calles este/oeste y norte/sur. Por la noche, el aire se mueve cuesta abajo (catábicos) desde un terreno más alto hacia el este y el norte, a través de los anchos “cañones de la calle” y hacia el oeste a través de la cresta Las “calles de viento” se forman en vecindarios donde el aire drena ladera abajo a través de

los cañones durante la noche y se mueve cuesta arriba durante el día. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)

(b) Área de viento nocturno

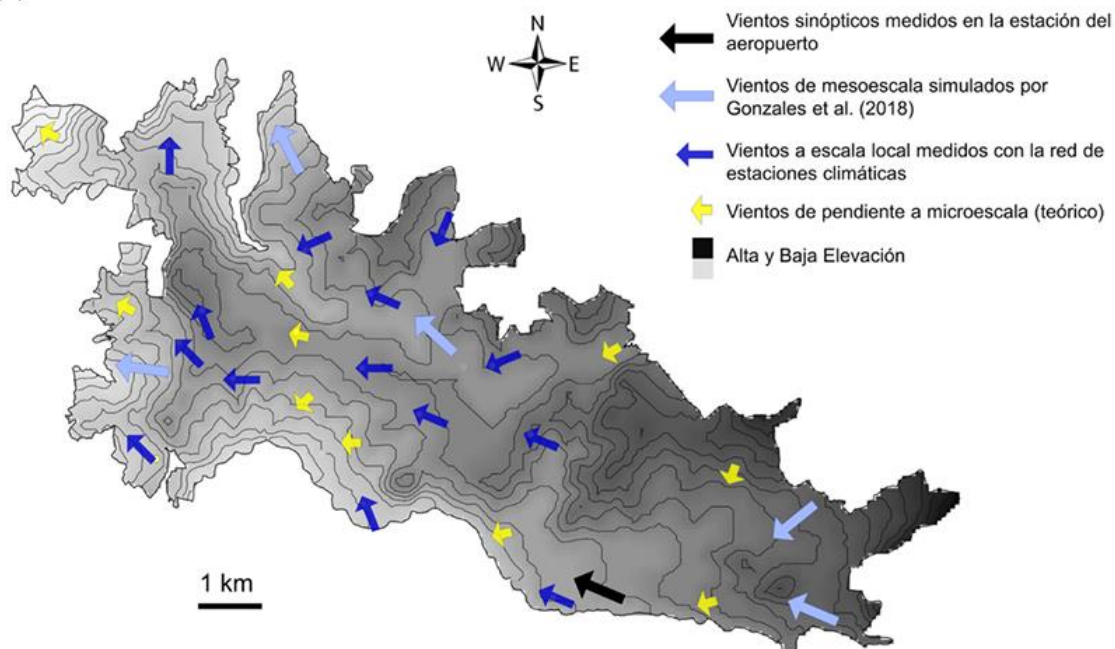


Figura 29 Plano de vientos nocturnos. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022)

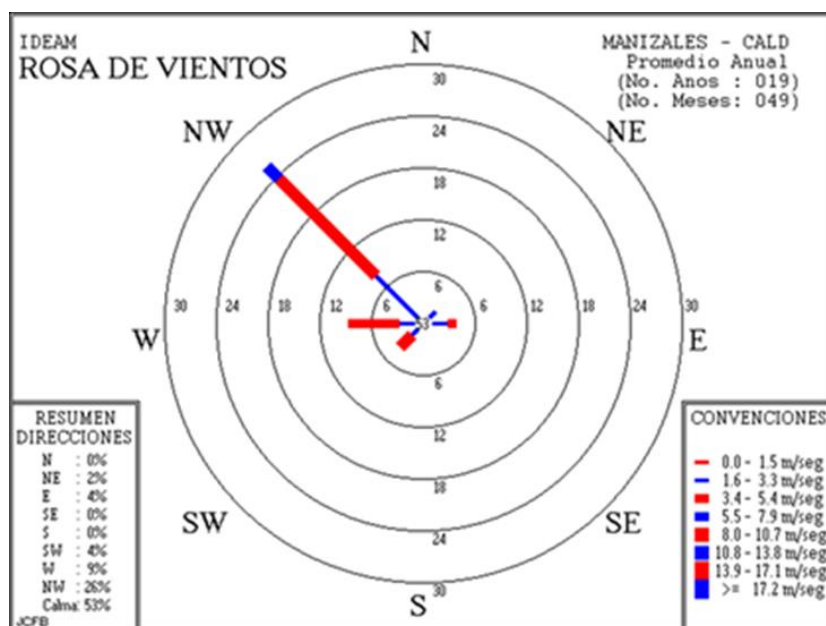


Figura 30 Rosa de vientos de Manizales. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Sf)

- **Agua:** El área urbana del municipio de Manizales pertenece al sistema hídrico de la subcuenca del río Chinchiná, la cual hace parte de la cuenca del río Cauca. La zona urbana es atravesada por el río Chinchiná de Este a Oeste y sirve de límite con la cabecera municipal de Villamaría. Los cursos de mayor relevancia en cercanías de la ciudad son las quebradas Olivares y Manizales. El 70 % del abastecimiento de agua potable de la ciudad de Manizales, proviene de la cuenca hidrográfica del río Chinchiná (Álvarez Pulido, Ivanova, & Yustres Quintero, 2021).

Oferta hídrica: Para el caso de Manizales y según datos de la empresa aguas de Manizales, en el 2023 la ciudad contó con una oferta hídrica de 2.579,7 litros por segundo (lps) provenientes de las subcuencas Río Blanco y Chinchiná y la demanda fue del 41,2%, el 99.98% del área urbana de la ciudad tiene cobertura de acueducto y el 99.91% del área rural. A pesar de no sufrir de estrés hídrico pueden aplicarse diferentes estrategias para disminuir la demanda. (Aguas de Manizales S.A E.P.S, 2023).

La oferta hídrica superficial como lámina indica el volumen de agua que transita por las laderas hasta llegar a los ríos y quebradas dividida por el área de la cuenca [mm]. En la cuenca del río Chinchiná se presentó el mayor valor de escorrentía, en abril, con 140 mm. El promedio para el año 2022 estuvo entre 60 y 80 mm, mientras que la escorrentía más baja se registró en agosto con 39 mm. (Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, 2022).

Manizales cuenta con una amplia oferta hídrica, su principal proveedor de agua es el río Chinchiná cuya cuenca se divide en 3 subcuencas: Guacaica, Chinchiná y Río Claro y un total de 61 micro cuencas. (Corpocaldas, 2013).

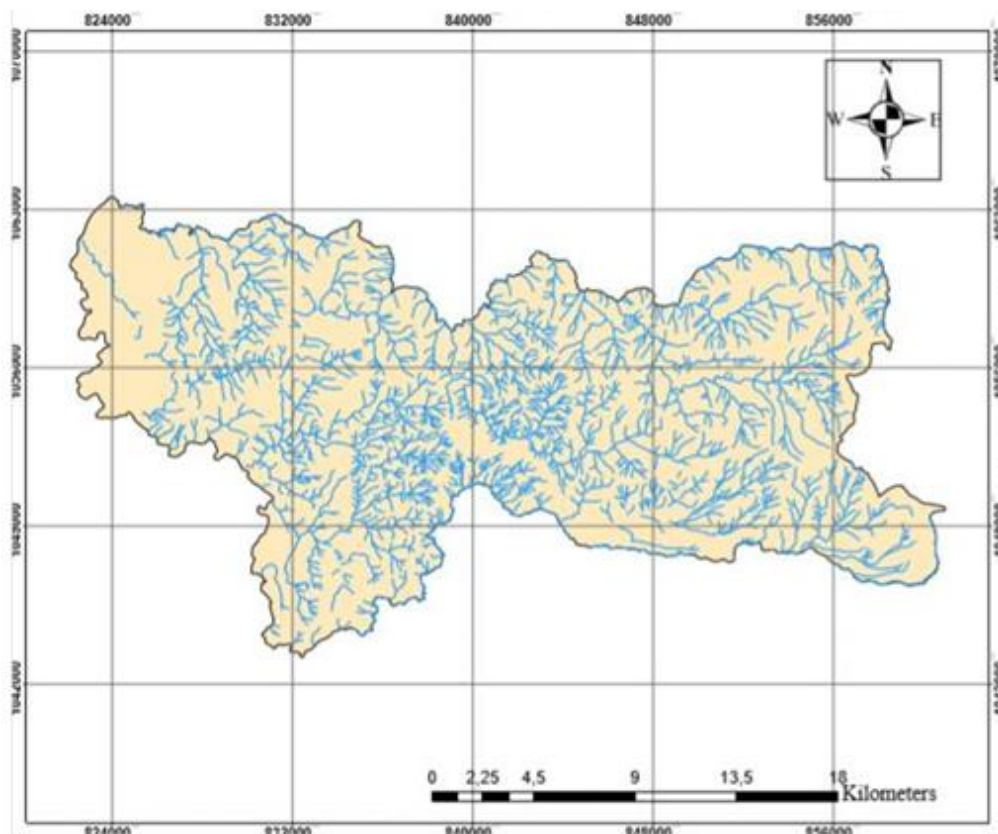


Figura 31 Plano hidrográfico de Manizales. (Ibañez Ríos, 2019).

- **Ecosistema:** Manizales está ubicada en un sistema ecológico complejo, conformado por ecosistemas de páramo, selva andina, especies herbáceas nativas, además del importante recurso hídrico del que dispone la cuenca del río Chinchiná. (Álvarez Pulido, Ivanova, & Yustres Quintero, 2021).

En la subcuenca Guacaica, al norte de la ciudad, se ubica la reserva forestal protectora de Río Blanco y la quebrada Olivares situadas a 3 km de área urbana de la ciudad entre los 2150 y los 3700 msnm donde ya existe ecosistema de páramo. La reserva está conformada por 44.3% de bosques nativos, 37.5% de vegetación herbácea y 18.2% de plantaciones forestales, además se han identificado 372 especies de aves, 61 especies de mamíferos, 41 especies de mariposas diurnas y 40 especies de orquídeas nativas. (Aguas de Manizales S.A E.P.S, 2023).

Entretejada entre la topografía y la trama urbana de la ciudad se encuentran diferentes reductos de bosques afectados por acciones antrópicas que son el hogar de diferentes especies animales y vegetales que forman parte integral de la protección del suelo y las escorrentías.

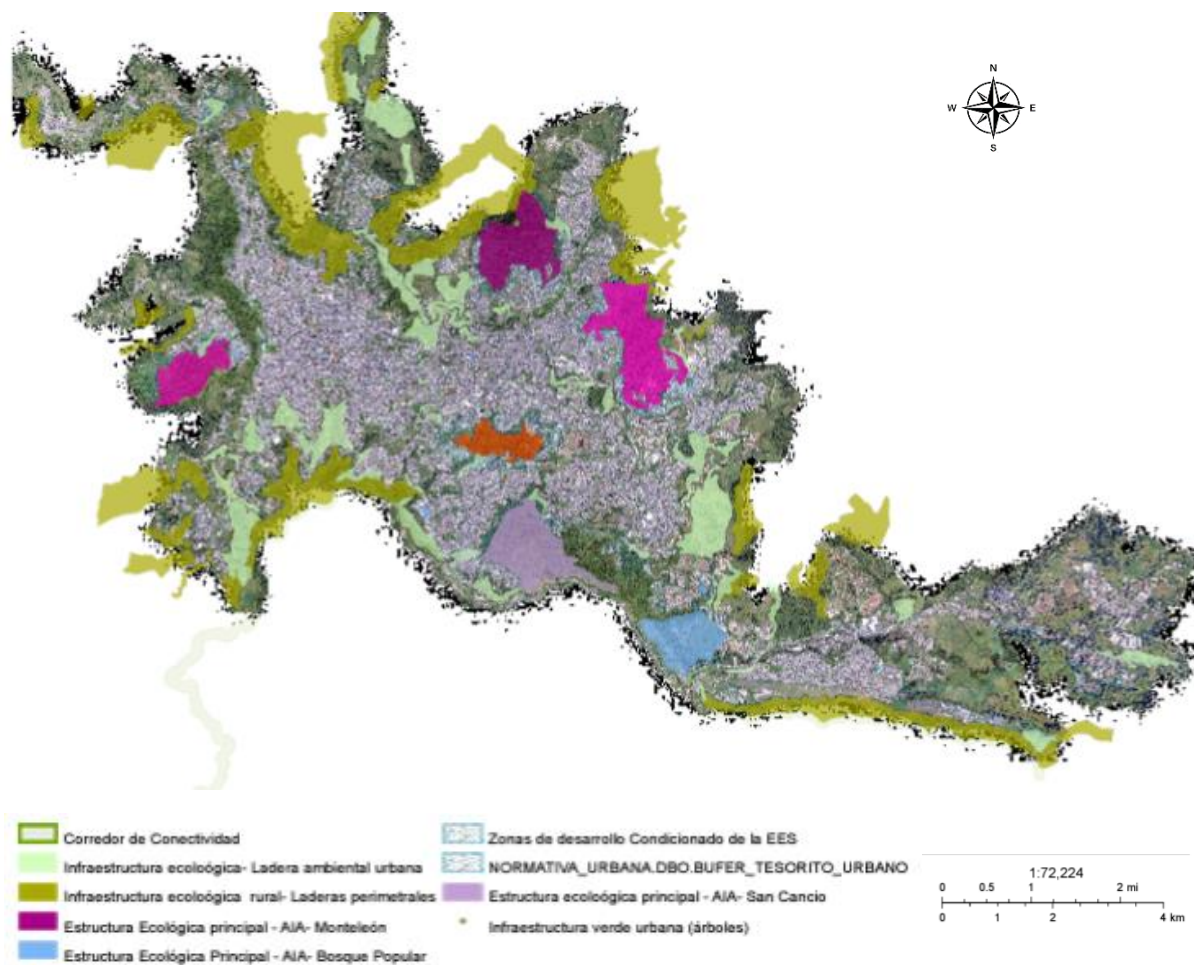


Figura 32 Estructura ecológica principal. (Sistema de Información Geográfica, Alcaldía de Manizales, 2024)

4.1.3 VISION DE MANIZALES SEGÚN EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2017- 2031

El plan de ordenamiento territorial Manizales 2017-2031 propone un modelo de ocupación basado en núcleos urbanos interconectados por una red de movilidad, y áreas aptas para la densificación. Plantea un crecimiento sostenible sin externalidades negativas en condiciones de habitabilidad que permitan vivir felices dentro de las condiciones de carga del entorno local.

El modelo de desarrollo se base en principios de productividad socioeconómica, protección y mejora del hábitat, fortalecimiento institucional y un abordaje centrado en los ciudadanos para el crecimiento y las inversiones.

Visión de ciudad propuesta por el POT: Manizales en 2032 será “la ciudad con mejor calidad de vida en Colombia, un territorio de paz y cultura donde se garantizará el respeto por el paisaje, el patrimonio y los recursos naturales; capital universitaria del conocimiento, el emprendimiento y la innovación”. Una ciudad amigable donde los habitantes tengan una buena calidad de vida gobernada por principios éticos y democráticos. El desarrollo de la ciudad se basa en el desarrollo sostenible, donde el énfasis está puesto en educación sobresaliente, riqueza cultural y participación cívica.

Modelo de ocupación entre otras pautas: Un territorio amable, competitivo y sostenible, soportado y articulado a través de su Estructura Ecológica, mejor adaptado al cambio climático, con énfasis en el aprovechamiento de su riqueza natural, en el reconocimiento de su patrimonio, en la educación sobresaliente, la cultura, la innovación y el emprendimiento, con una amplia y calificada oferta en ciencia y tecnología. (Alcaldía de Manizales, 2017).



Figura 33 Vista del centro de Manizales hacia los nevados.. (Godues, 2021)

4.2 ESTRATEGIAS DE ECO DISEÑO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia de los edificios depende, en gran medida, de decisiones tomadas durante las etapas iniciales del proceso de diseño. Concebir un proyecto de manera integral para que sea funcional no solo en términos técnicos y estructurales sino también en relación con la eficiencia en el uso de recursos a lo largo de todo el ciclo de vida.

A lo largo del ciclo de vida de la edificación la energía eléctrica es recurso esencial tanto en el proceso de construcción como en su ciclo operativo, periodo durante el cual, se utilizan grandes cantidades de electricidad en iluminación, conexiones de aparatos y especialmente en equipos de climatización en regiones con climas extremos tratando de solucionar situaciones de discomfort térmico interior que no deberían presentarse si se hubiera realizado un buen diseño.

El consumo eléctrico de las edificaciones está asociado a la emisión de gases efecto invernadero pero también a la fuente de la electricidad que se relaciona con combustibles fósiles, en Colombia la mayoría de la electricidad proviene de hidroeléctricas que se considera la fuente más limpia, sin embargo disminuir el consumo eléctrico está asociado a beneficios económicos al pagar menos en la factura y en términos ambientales.

La eficiencia energética en edificaciones es un conjunto de estrategias de diseño, técnicas constructivas y tecnología que logran reducir considerablemente el consumo energético sin comprometer el confort al interior de la edificación ni la eficiencia en la operación de los equipos.

El objetivo de la eficiencia energética es conseguir un consumo casi nulo, la demanda se abastece mediante la utilización de energías limpias que pueden ser producidas por la misma edificación.

De acuerdo con cifras de la Agencia Internacional de Energía (IEA), las edificaciones consumen más del 30% de la demanda de energía final en todo el mundo. Según ellos, para 2050, América Latina y América Central serán responsables de casi el 6% del uso mundial de energía en edificaciones, es decir un 40% más de lo que se consume actualmente. (Distrito energético, 2023)

El gasto energético en la operación de las edificaciones se divide en el uso de electrodomésticos e iluminación y en el tema de electrodomésticos los artefactos de mayor consumo son los equipos de climatización

El confort térmico percibido en el interior de un espacio está relacionado con la interacción con las personas, las personas intercambian energía con el ambiente, la mejor sensación es la indiferencia con el ambiente

Uno de los principios de la eficiencia energética en las edificaciones es la reducción de la demanda energética aprovechando las condiciones del entorno a partir de la aplicación de conceptos de arquitectura bioclimática potenciando la iluminación y la ventilación natural y haciendo una correcta selección de los materiales de construcción especialmente la envolvente teniendo en cuenta las necesidades para obtener el confort higro térmico según las necesidades climáticas del lugar

4.2.1 CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICOS QUE CONTRIBUYEN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA MANIZALES

La resolución 0549 de 2015 establece metas de ahorro de acuerdo al uso de cada ubicación con el fin de optimizar el consumo de recursos especialmente el agua teniendo en cuenta que de los 18.9 GW de demanda eléctrica del país, 12.54 GW equivalente al 66% procede de hidroeléctricas (Colombia, Ministerio de Minas y Energía, 2023).

kWh/m ² año	Clima frío	Porcentaje mínimo de ahorro año 1	Porcentaje mínimo de ahorro a partir del año 2
Hoteles	96,1	15%	25%
Hospitales	249,6	15%	10%
Oficinas	81,2	15%	30%
Centros comerciales	403,8	15%	25%
Educativos	40,0	15%	45%
Vivienda no VIS	46,5	10%	25%
Vivienda VIS	44,6	10%	10%
Vivienda VIP	48,1	10%	10%

Tabla 1: consumo energético con porcentajes de ahorro para clima frío planteados por la resolución 0549 de 2015

EMPLAZAMIENTO Y ORIENTACIÓN DEL PROYECTO CON RELACIÓN AL SOL

La orientación define la ubicación de los edificios respecto a los puntos cardinales, lo que determina como será afectado por la radiación solar y los vientos, teniendo en cuenta, además, las formas y volúmenes vecinos. Así mismo permite establecer las zonas de solana (las que quedan de frente al sol) y las de umbría (las de sombra) con el objetivo de optimizar la captación de energía.

El emplazamiento de un edificio debe responder sus las necesidades físicas y climáticas así como a las necesidades puntuales de uso y las actividades que se desarrollan en él para favorecer el confort de los espacios.

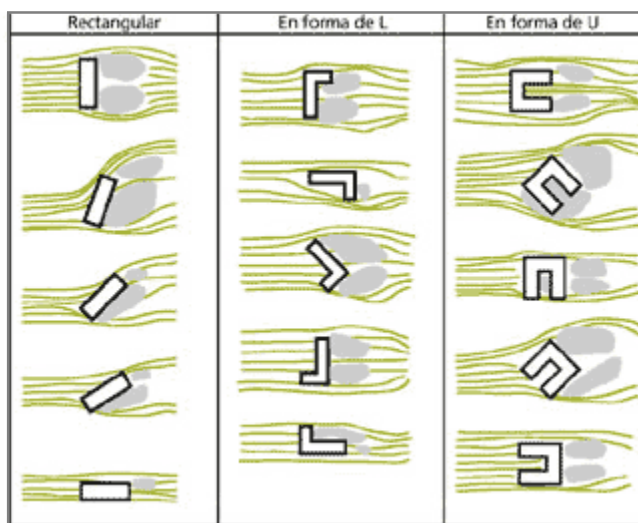


Figura 34 Sombra de viento para diferente geometrías. (www.fau.ucv.ve, s.f.)

Según la clasificación climática del país presentada por el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del documento Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, Manizales, ubicada a 2150 msnm, se encuentra en la categoría de clima frío.

Ubicada en una latitud ecuatorial, a 5°03' de latitud norte, el sol afecta de manera similar las fachadas norte y sur; diferente a las fachadas orientadas en posición oriente- occidente que reciben radiación solar con ángulos altos a bajos por el recorrido del sol a lo largo del día recibiendo la radiación solar con ángulos cercanos a los 45° a media mañana y media tarde y encontrando su punto más alto al medio día fuente.

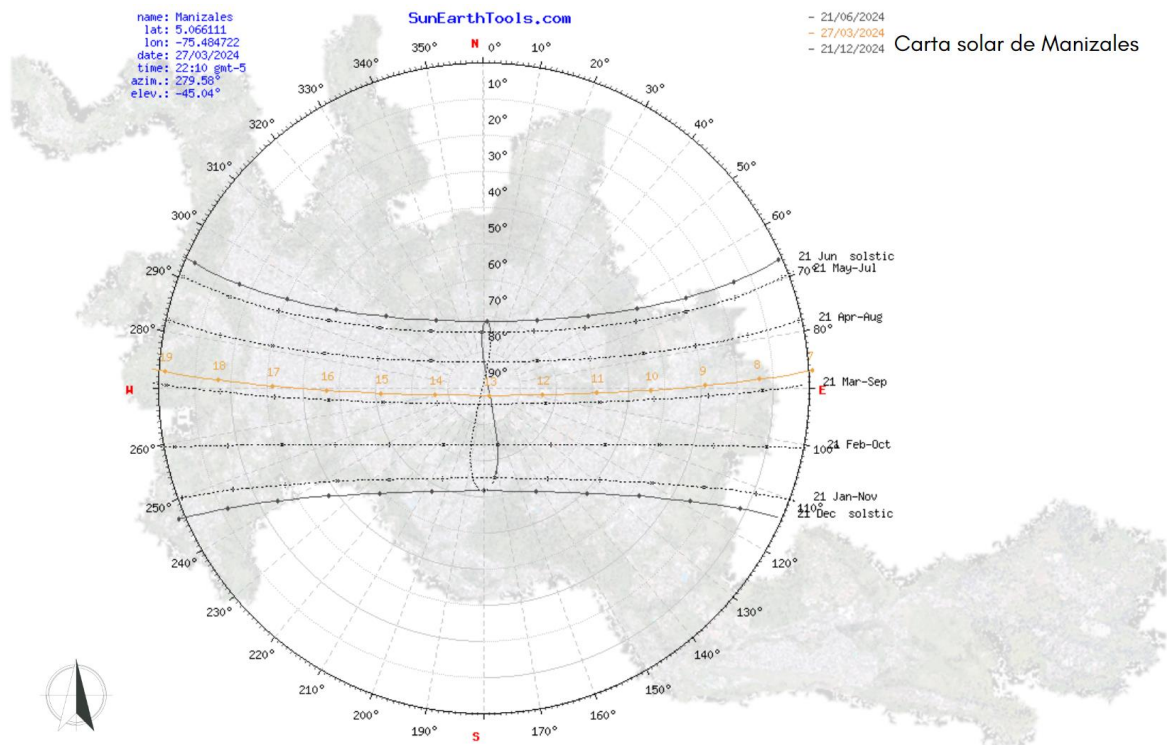
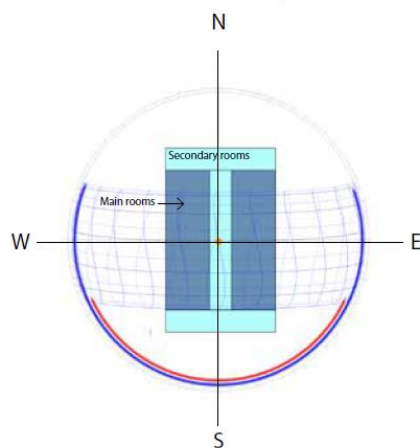


Figura 35 carta solar de Manizales. Grafico procesado en SunEarthTools.com

La resolución 0549 de 2015 recomienda para edificaciones de clima frío, concentrar los espacios más concurridos y las superficies con mayor área vidriada en los lados este- oeste del edificio, mirando al sol.

Recomienda, además, orientar los espacios que requieren mayor ganancia térmica como las habitaciones sobre las fachadas oriente- oeste con el fin de recibir la mayor cantidad de radiación posible con el fin que se encuentren a temperatura de confort en las noches; las zonas sociales de la vivienda al occidente y las zonas de servicio en los lados norte sur lo que maximiza el área de ventanería que gana calor y alcanza el confort térmico requerido en una vivienda. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

De ser factible se recomienda orientar las fachadas de mayor extensión perpendicularmente al eje norte sur y evitar aberturas desprotegidas en las demás orientaciones. Cuando el lote se encuentre ubicado en zonas consolidadas no permita seguir estos parámetros de orientación, es indispensable que las fachadas sean protegidas de la radiación directa del sol con ayuda de otro tipo de estrategias. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)



1. Orientación ideal para clima frío

Figura 36 localización para clima frío. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Para favorecer la ventilación se recomienda ubicar los volúmenes generando corredores que direccionen la circulación del aire alrededor de todos los volúmenes lo que facilita la incursión el aire al interior de los espacios, tema que se estudiará más adelante.

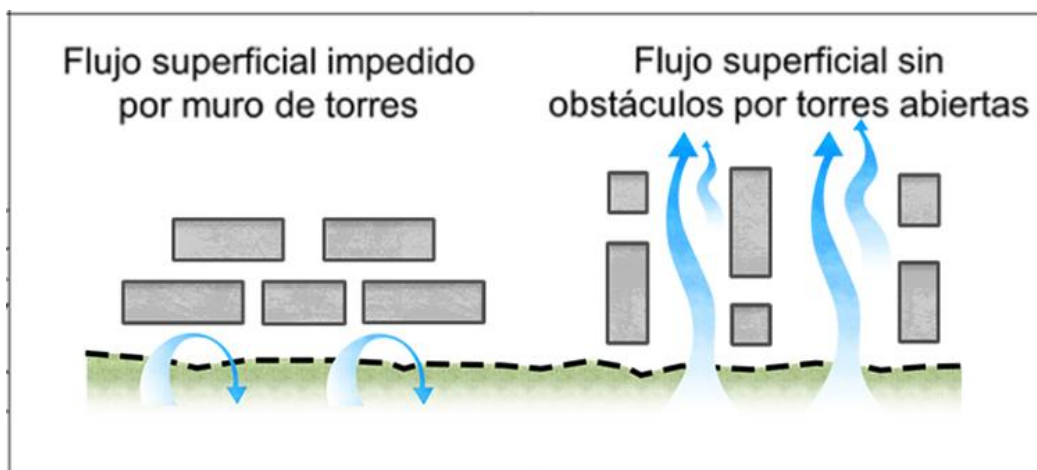


Figura 37 ubicación de edificaciones para favorecer la ventilación. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).

FORMA Y VOLUMETRÍA

La cartilla Criterios Ambientales para la Vivienda Urbana de min ambiente recomienda plantas de formas cuadradas o en proporción 2:1, preferiblemente adosadas o en agrupaciones compactas para protegerse unas a otras de los vientos dominantes. En cuanto a la cubierta recomienda techo plano o ligeramente inclinado con pendientes inferiores a 15° y una altura libre de 2.30 m (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Para mantener el calor interno del espacio se sugiere la utilización de muros gruesos y construcciones macizas y el uso de materiales con alta inercia térmica, tema que se estudiará más adelante.

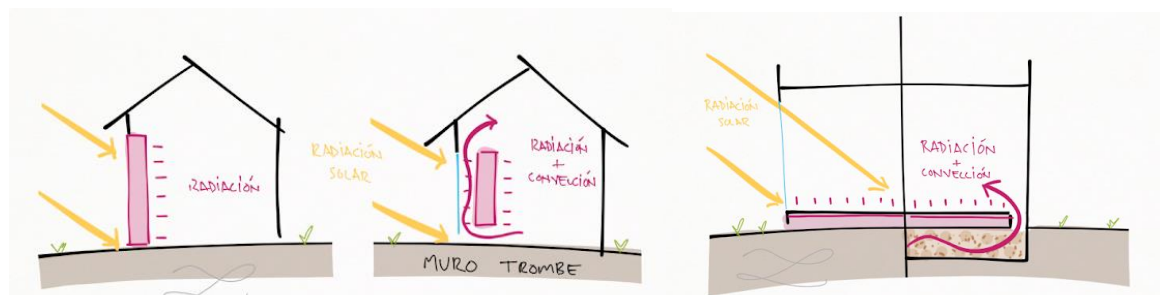


Figura 38 Muros y piso acumulador de calor. (Sanchez Inocencio, 2016). (Sanchez Inocencio, 2016).

MANEJO DEL SOL ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR

La radiación solar tiene se compone de 2 elementos: luz y calor, es necesario mantener el equilibrio entre los dos componentes tendiendo claro que todo lo que está iluminado es susceptible de ganar calor, de esta manera, una ventana grande favorece la iluminación y a la vez permite pérdidas y ganancias de calor.

Los dispositivos de control solar bien sean fijos o móviles tienen la función de proyectar sombras sobre partes de la fachada que requieren disminuir la incursión solar. El diseño de este tipo de elementos se basa en la geometría del recorrido solar para conocer su ángulo de incursión y por lo tanto el ángulo en que deben generarse sombras, llamado VSA (ángulo de sombra vertical).

Los elementos de protección que producen sombras horizontales se calculan con un ángulo de sombra vertical. Elementos como aleros y pérgolas son los más útiles para la ciudad basados en su ubicación geográfica.

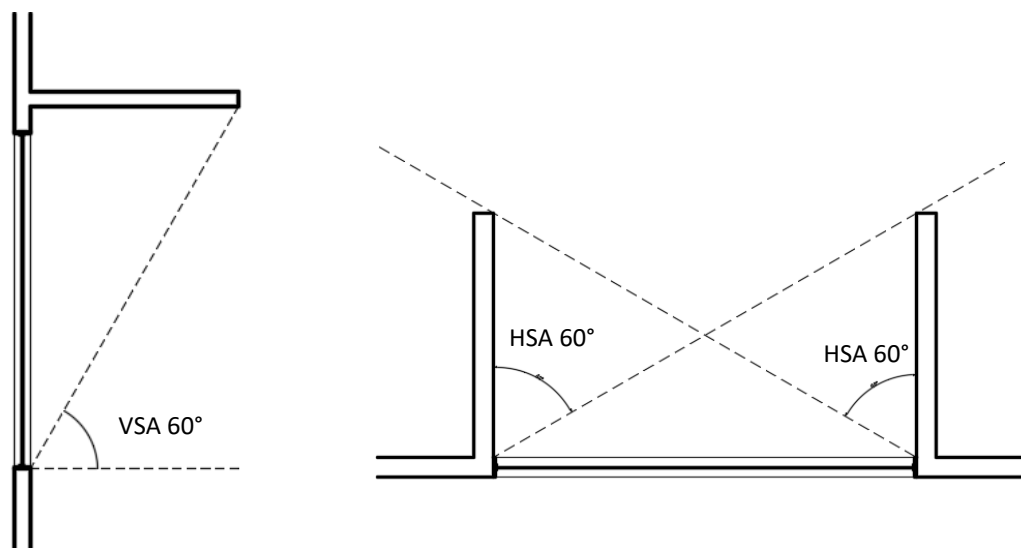


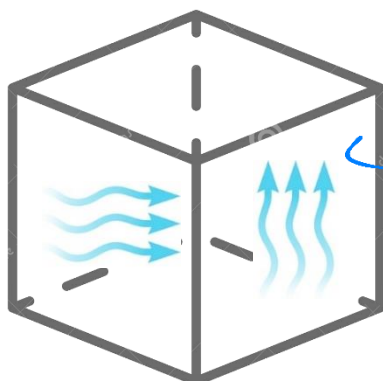
Figura 39 Elementos de protección solar horizontal. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Figura 40 Elementos de protección solar vertical. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Los elementos que producen sombras verticales se calculan con ángulos de sombra horizontal (HSA) el cual es requerido para el cálculo del tamaño de los elementos de protección; el ángulo máximo es 90° lo cual indicará que el sol está detrás del edificio; los más usados son persianas, aletas y contraventanas.

VENTILACIÓN

El objetivo de la ventilación de los espacios interiores es garantizar que el volumen de aire contenido en un espacio se renueve periódicamente y mantenga niveles óptimos de oxígeno para la salud humana, aproximadamente entre el 18 y el 20%, eliminar malos olores y refrescar el ambiente, especialmente en zonas de altas temperaturas y altas humedades.



El contenido de un espacio que no está ocupado por mobiliario, elementos de la estructura o sus habitantes es aire. Este volumen de aire contenido debe renovarse periódicamente según el uso y ocupación del espacio para mantener condiciones de salubridad e higiene.

Figura 41 volumen de aire contenido en un espacio. Elaboración propia.

Los edificios mal ventilados sufren del síndrome del edificio enfermo como consecuencia de la baja tasa de renovación del aire lo que hace que haya presencia en el ambiente de moho, esporas y compuestos orgánicos volátiles liberados por algunos materiales. Tanto la morfología del edificio como la trama urbana deben favorecer el movimiento del viento promoviendo su incursión, incluso a los espacios más apartados del edificio.

El propósito es que las condiciones térmicas interiores sean más agradables que las exteriores lo que en algunos casos no se cumple, como consecuencia de la excesiva humedad para lo cual la mejor solución es la adecuada ventilación.

Al igual que en el emplazamiento, la evaluación de las características del clima es muy importante para la correcta ventilación de los espacios, puede decirse que la estrategia para lograr el confort debe ser planteada de manera integral abordando los diferentes parámetros que condicionan dicho objetivo.

Los espacios interiores tienden a ser más calientes que el exterior puesto que tanto los habitantes como los elementos del mobiliario y la estructura de la edificación, transfieren calor al espacio sumado a que la movilidad del aire en el interior es inferior a la del exterior.

Mientras la temperatura del aire influye en la sensación de calor del cuerpo a través de la piel y del aire que respiramos, la humedad del aire, si es baja, permite una mayor evaporación de la humedad de nuestra piel (sudor) a la vez que mayor sesión de vapor de agua al respirar. De esta forma nos refrigeramos, cediendo calor y humedad al aire. (Serra, 1999).

El aire se mueve desde las zonas de altas presiones hacia las de bajas presiones, por lo tanto, la velocidad del aire será mayor cuanto mayor sea la diferencia de presión entre ambas zonas; cuando dos zonas tienen poca diferencia de presión es predominantemente estable o con poco viento, mientras que en zonas con amplias diferencias se generan vientos intensos.

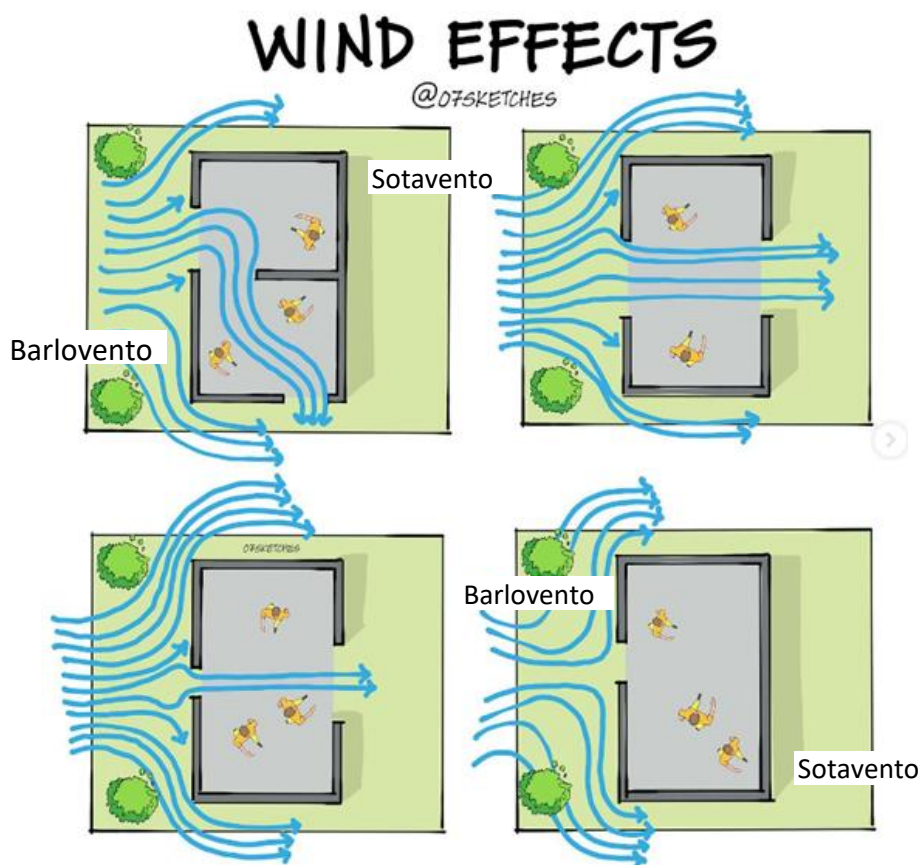


Figura 42 Barlovento y sotavento en las fachadas. (07 Scketches, 2022)

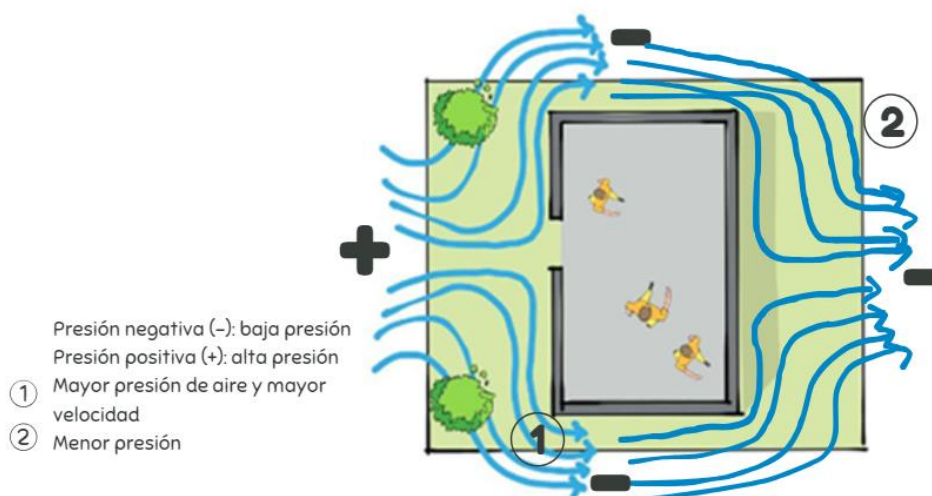


Figura 43 diferencias de presión de presión en planta. (07 Scketches, 2022)

La presión positiva genera efecto empuje y la negativa efecto succión

La ventilación natural depende de la presión estática y dinámica del viento. El movimiento del aire depende de:

- Diferencia de altura entre las aberturas de entrada y salida del aire.
- Diferencia de temperatura entre el aire caliente y el aire del ambiente circundante.

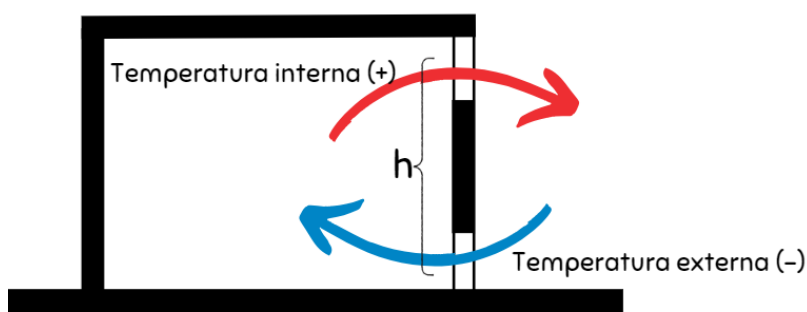


Figura 44 Diferencia de alturas y presión en el intercambio de aire. Elaboración propia.

Roncancio & Stewart en su trabajo Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia plantean que teniendo en cuenta las características geomorfológicas de la ciudad y su disposición urbana se debe mantener y mejorar el flujo de aire limpio por las cuencas de ventilación como se muestra en el siguiente gráfico para lo que se requiere la preservación de las cuencas de aire naturales que coinciden con pendientes expuestas que generan vientos anabáticos y catabáticos preservando su cobertura natural con pocas o ninguna estructura construida o superficies pavimentadas.

Además, se debe desalentar la construcción de edificios compactos de gran o mediana altura en o cerca del área de transición entre la ciudad y sus cuencas de aire naturales. La verticalización de esta área crea una barrera física conocida como “efecto muro”, que impide el flujo de aire hacia la ciudad. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).

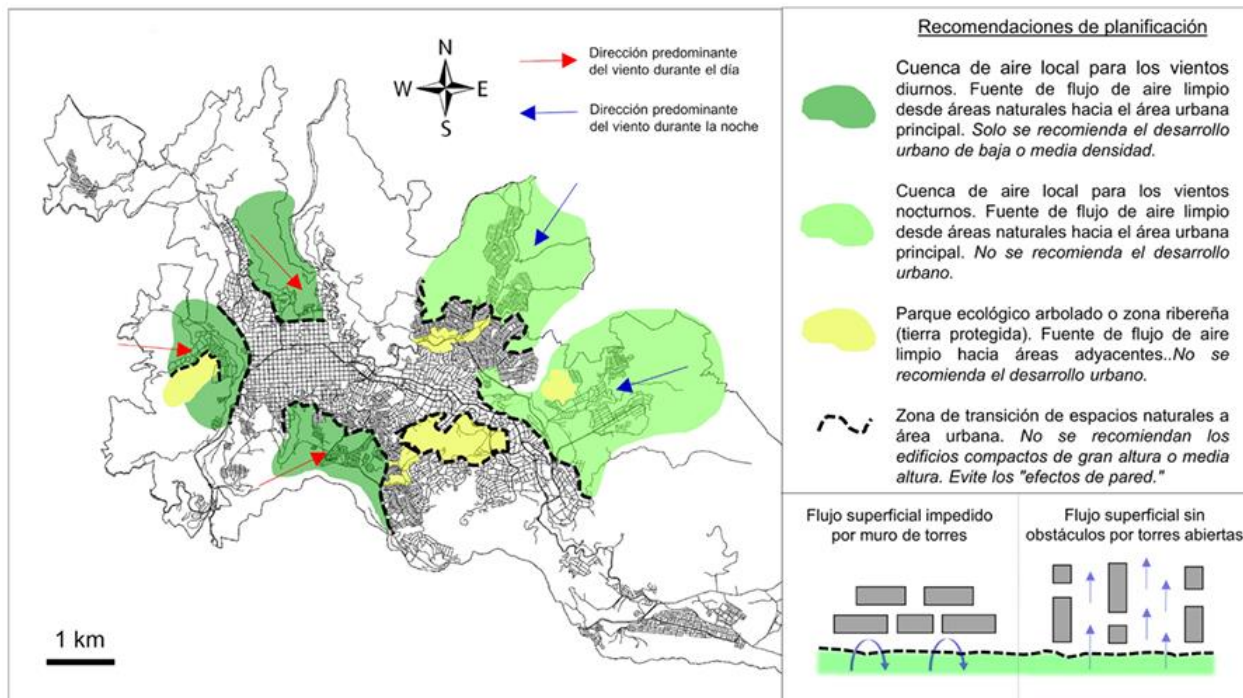


Figura 45 Recomendaciones de planificación urbana para la eficiencia en la ventilación de la ciudad. (Roncancio & Stewart, Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia, 2022).

La separación entre dos bloques de edificaciones enfrentadas se conoce como cañón de calle. A mayor altura de la edificación, mayor debe ser la separación con sus vecinos lo que beneficia la iluminación y la ventilación natural, mientras más cielo se vea, mayor posibilidad de aprovechamientos de los recursos del entorno, habrá.

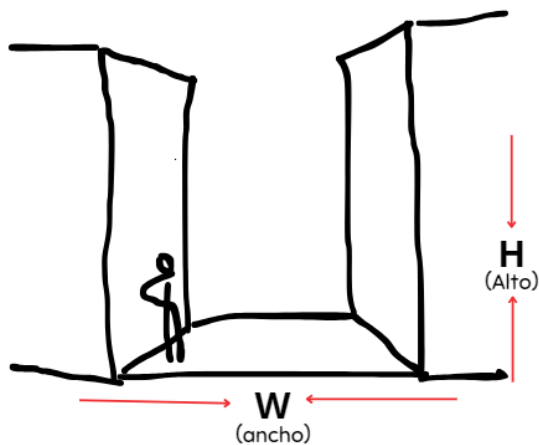


Figura 46 Cañón de calle. Elaboración propia.

Para generar condiciones de confort en edificaciones ubicadas en clima frío se debe favorecer la ganancia térmica y la conservación del calor interno. Las áreas grandes con superficies vidriadas ganan calor rápidamente pero no lo almacenan por lo que lo pierden con facilidad, por eso se deben preferir vanos medianos y protegidos de los vientos directos.

Ventilar los espacios interiores es importante para eliminar el exceso de humedad, sin embargo en clima frío se recomienda exponer lo mínimo posible el edificio al viento así como controlar su incursión y controlar infiltraciones no deseada

La localización y tipo de abertura de entrada determina el patrón del flujo de aire a través del edificio. El tipo de ventana afecta el patrón de flujo del aire. Cuando la abertura de la ventana está en el centro del muro se presenta igual presión a ambos lados de la abertura por lo que el aire entra de frente a la habitación, si la abertura no está en el centro la presión es desigual y el aire entra en diagonal. (Rodríguez Viqueira, y otros, 2012)

La ubicación de las edificaciones y su relación con el entorno modifican la dirección, la velocidad y el flujo del viento, los bloques ubicados en fila provocan sombra de viento en los edificios posteriores mientras que una ubicación intercalada o escalonada permite que el flujo sea más uniforme eliminando casi por completo las zonas de aire estancado. (Rodríguez Viqueira, y otros, 2012). La rugosidad de las superficies y la vegetación pueden alterar la fricción del viento sobre las superficies modificando también el flujo de aire cerca a ellas.

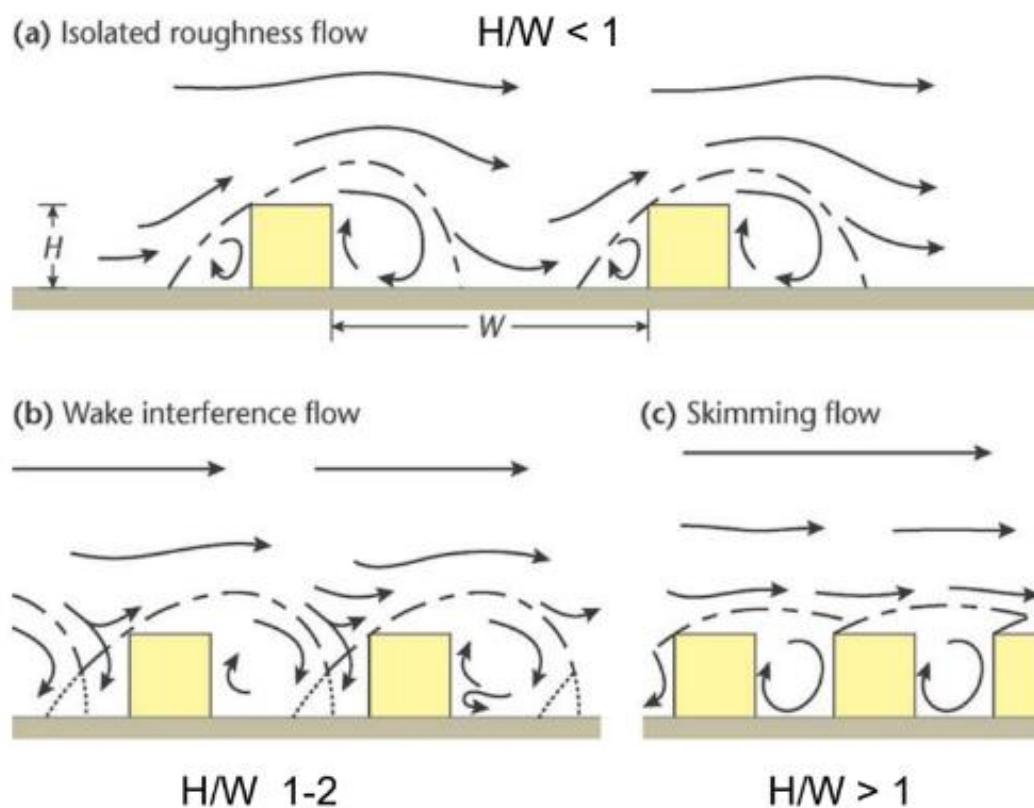


Figura 47 Flujos de aire sobre los edificios. (Oke, 1987)

El flujo depende del H/W .

(a) Muy espaciados: el flujo no es muy diferente al de los edificios aislados.

(b) La estela de un edificio interfiere con el siguiente edificio, el flujo se complica.

(c) El flujo pasa rozando la parte superior con solo un remolino de sotavento en el cañón.

(Roncancio, Climatología Urbana. Presentación para conferencia, 2023).

Presión del viento: La presión del aire del lado barlovento siempre crea presiones positivas con magnitud variable en niveles altos y bajos mientras la presión negativa del aire es creada en el lado sotavento. Es aconsejable no ubicar espacios habitables u ocupados de tiempo completo en el lado sotavento de la edificación ya que va debajo de la zona de sombreado del viento. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)



Figura 48 Presión de viento sobre el edificio. Alzado. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Tipos de ventilación: Dentro de los tipos de ventilación, los más usados en edificaciones de vivienda son la ventilación cruzada y la ventilación unilateral, siendo la ventilación cruzada la más eficiente en términos de renovación del aire interior.

- **Ventilación unilateral:** los vanos por donde se realiza la entrada y la salida del aire están ubicados en el mismo plano o muro o en dos muros adyacentes, no opuestos. El aire frío que es más denso entra y empuja el aire caliente, de menor densidad, para salir.

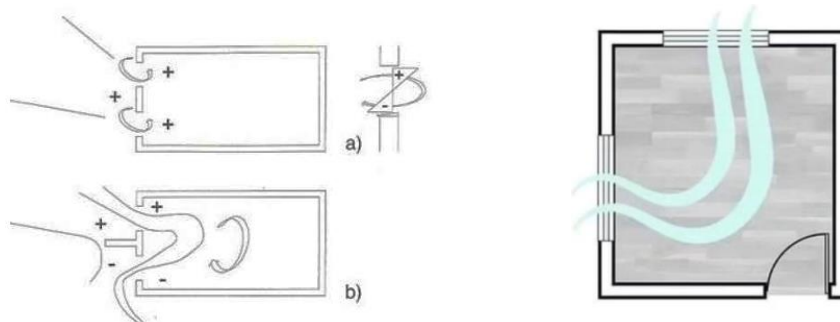


Figura 49 Ventilación unilateral, aberturas en una sola pared. (Green Building Council España, Sf)

Figura 50 Ventilación unilateral, aberturas adyacentes. (Arquigraphi, Sf)

- Ventilación cruzada: los vanos se colocan en paredes enfrentadas creando corrientes de aire entre dos puntos enfrentados lo que permite la entrada y la salida del aire. Si las aperturas de huecos se localizan en fachadas opuestas transversales a la dirección del viento que se desea captar la ventilación será lo más eficaz posible. Se recomienda para edificaciones ubicadas en zonas con temperaturas muy altas.

Para favorecer la ventilación cruzada la resolución 0549 establece que se deben diseñar los espacios de mayor ocupación hacia barlovento; que el diseño asegure que la mayoría de los espacios habitables tengan al menos dos muros externos y que cada uno de esos muros tenga al menos una ventana o una puerta, ayudando a la ventilación cruzada. Las ventanas pueden ser adyacentes u opuestas a los muros. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

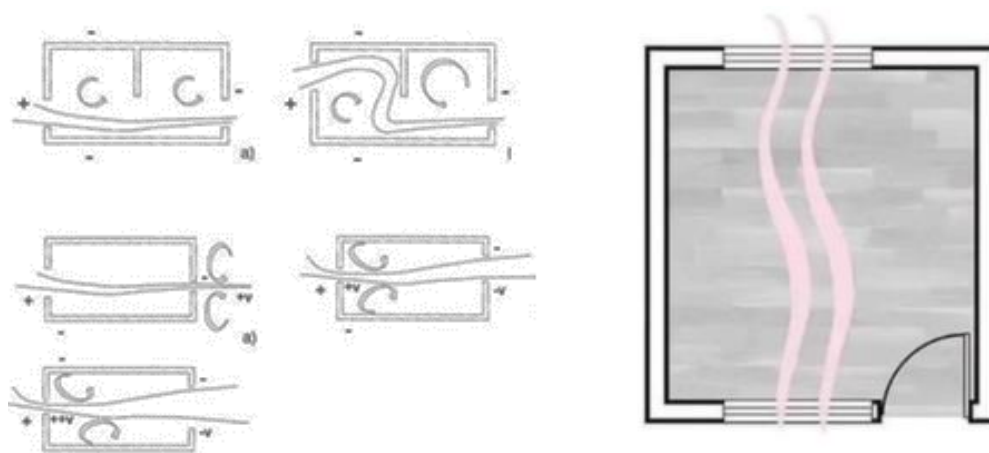


Figura 51 Ventilación cruzada, presiones del aire. (Green Building Council España, Sf)

Figura 52 Ventilación cruzada. Vanos en paredes opuestas. (Arquiographi, Sf)

Renovación del aire: El caudal de renovación de aire es el volumen que debe ser renovado en un espacio para mantener las condiciones de salubridad e higiene que se mencionaron anteriormente y se mide en m³/h o m³/seg o en número de renovaciones del volumen del aire del local V por hora (Rph).

$$Q = RPH * V \longrightarrow \text{m}^3/\text{h}$$

Es importante tener en cuenta que el caudal de aire que entra a un espacio depende de la velocidad del aire en el exterior, la dirección, frecuencia y turbulencia local y particular, así como, el tipo de ventilación elegido y el tamaño y características de las ventanas; teniendo en cuenta, que solo los cuerpos abiertos permiten el intercambio de aire y que según el diseño, es el porcentaje de espacio útil para ventilación, por ejemplo las celosías fijas solo tienen como área útil de ventilación cerca del 30%, es decir, si una ventana tipo celosía tiene un área de 1,2 m², el área útil de ventilación es 0,36 m² aproximadamente.

La NTC 5183: Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores establece que para mantener la salubridad del espacio interior e debe garantizar una renovación de 0.35 veces por hora del volumen de aire contenido en el espacio o un volumen mínimo renovado de 7.5 lt/seg equivalente a 27 m³/hora según sea el volumen del espacio

El cálculo de la ventilación natural es un proceso que debe considerar factores como cálculo del caudal de aire, número de ocupantes, área, velocidad del aire y diferencia de temperatura interior y exterior (Del Toro y Antúnez arquitectos, 2024) para garantizar la correcta renovación de aire y salubridad del edificio.

ILUMINACIÓN NATURAL

Las fuentes de luz de la tierra provienen del sol, del cielo (donde se refleja la luz solar) y de superficies circundantes donde se distingue luz directa, luz difusa y un componente reflejado interno y externo.

El uso de iluminación natural es una importante estrategia para disminuir el consumo eléctrico de una edificación; se recomienda preferir la luz natural siempre que sea posible pues es más saludable para el ojo humano además de participar en la regulación del ciclo circadiano influyendo en el reloj biológico y en los ritmos fisiológicos y psicológicos además de inducir

efectos estimulantes directos sobre el estado de ánimo (Comité Español de Iluminación (CEI); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

La cantidad de luz natural que penetra un espacio está determinada por el emplazamiento del edificio, las sombras y protecciones contra el sol, la ubicación y tamaño de las aberturas y la transmisión de luz según el acristalamiento de las ventanas y puede verse afectado por la morfología y proporción de la edificación, el albedo, los materiales y los colores y texturas de las superficies.

El ojo humano se estimula con la luz que reflejan los objetos, es necesaria la superficie que refleja la luz para la percepción del espacio; la luz natural es la manifestación visual de la energía solar. A través de la visión se pueden apreciar la distancia, la intensidad, el color, el espacio, el volumen y el tiempo.

Por tal razón la iluminación propuesta debe ser adecuada en calidad y cantidad para la actividad que se va a realizar en el espacio de manera saludable y confortable, por ejemplo, en condiciones de iluminación normales se requieren aproximadamente 20 lux para distinguir los rasgos del rostro, por cara humana; de ahí que sea el valor más bajo tomado para la escala de iluminancias.

Para abordar el diseño de un proyecto teniendo en cuenta la optimización de la iluminación natural debe tenerse en cuenta que la cantidad de luz que penetra los espacios debe ser suficiente para satisfacer las necesidades biológicas, fisiológicas, psicológicas y funcionales de los habitantes y para el cumplimiento de este objetivo se debe tener en cuenta:

- La autonomía de luz diurna que es el porcentaje de horas diurnas anuales en el sitio del proyecto. Las variaciones en la cantidad de luz disponible, causadas por la posición e intensidad de la luz solar.
- Luminancia y distribución de la luminancia de cielos despejados, parcialmente nublados y totalmente nublados.

- Efectos del entorno circundante. Edificios, elementos del paisaje, la topografía y la vegetación.
- Deslumbramiento y patrones de luminancia circundante. (Rodríguez Viqueira & al, 2012).

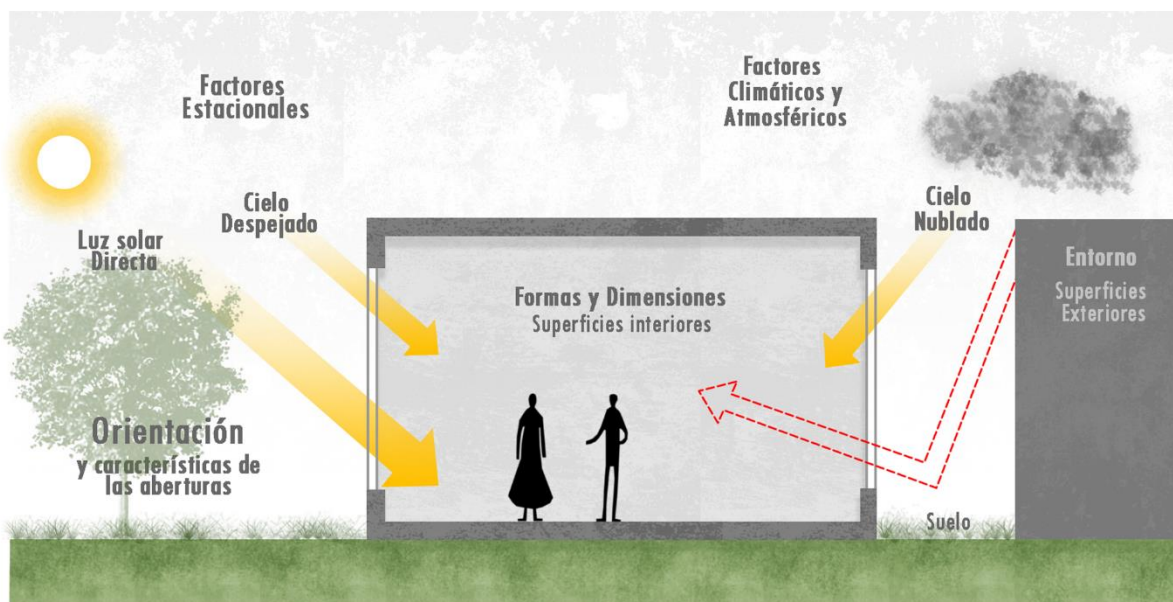


Figura 53 Factores de aprovechamiento de luz natural en los edificios. (Chi Pool, 2021).

En el caso de Manizales debido a su clima frío y a su posición geográfica donde el emplazamiento del edificio se realiza priorizando la ganancia térmica como estrategia de diseño se debe considerar el manejo de la incursión de la luz con el uso de elementos de protección solar para evitar deslumbramiento o pérdidas de calor a causa de puentes térmicos o superficies vidriadas. Así mismo se debe hacer una correcta evaluación de colores y superficies a utilizar.

La ciudad tiene un brillo solar anual entre 1083 y 1800 horas al año y 4.2 horas promedio al día, recurso que potenciado con las estrategias de diseño adecuadas permite iluminar en mayor proporción con luz natural.

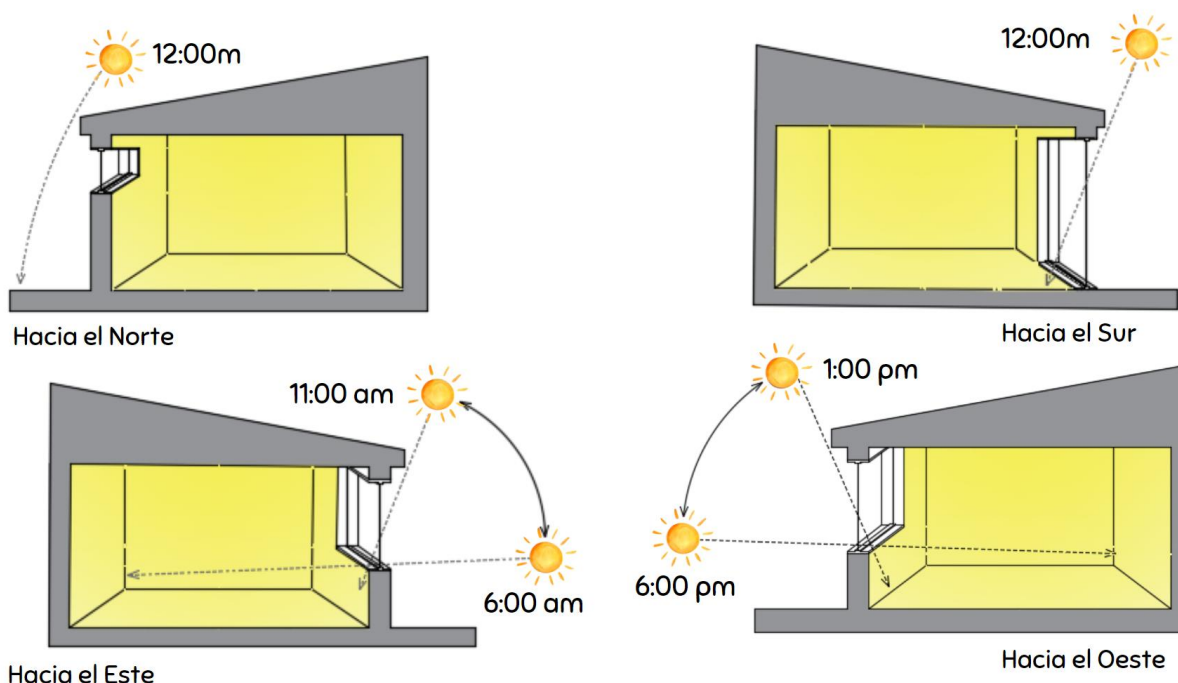


Figura 54 Incursión solar según la hora del día. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Para la ubicación de las ventanas en edificaciones en clima frío, la cartilla criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, recomienda:

- Localizar ventanas pequeñas en los planos orientados al norte ya que reciben menos radiación solar directa; es una zona recomendada para la ubicación de áreas de servicio. Son más aceptadas las orientaciones noreste y noroeste para captar radiación en la mañana o la tarde.
- Con respecto a la orientación sur, los planos reciben radiación solar todo el año de manera que permiten una mayor intensidad lumínica y la ganancia solar directa necesaria. Permite la captación de la radiación solar directa en el día y su dispersión en calor en las noches, rigurosamente frías. Son también aceptables orientaciones al sureste o al suroeste.
- Es favorable una orientación de las ventanas al este, ya que se presenta radiación solar directa en las mañanas (de 6:00 a 11:00 a.m.), durante todo el año. Se pueden orientar ventanas medianas que permitan la radiación solar al

interior. En periodos de calor se debe controlar la ganancia solar directa con persianas, rejillas o cortinas.

- De igual manera, se debe propender por la orientación de ventanas al oeste, con el propósito de capturar radiación solar directa en la tarde, durante todo el año. También se pueden orientar ventanas medianas que permitan la radiación solar al interior. En periodos de calor se debe controlar la ganancia solar directa con persianas, rejillas o cortinas.
- Las fachadas largas y con aperturas se orientan al este o al oeste, también es recomendable la orientación al sur, se deben evitar grandes aperturas hacia el norte. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Niveles de iluminación recomendados para vivienda según el uso del espacio

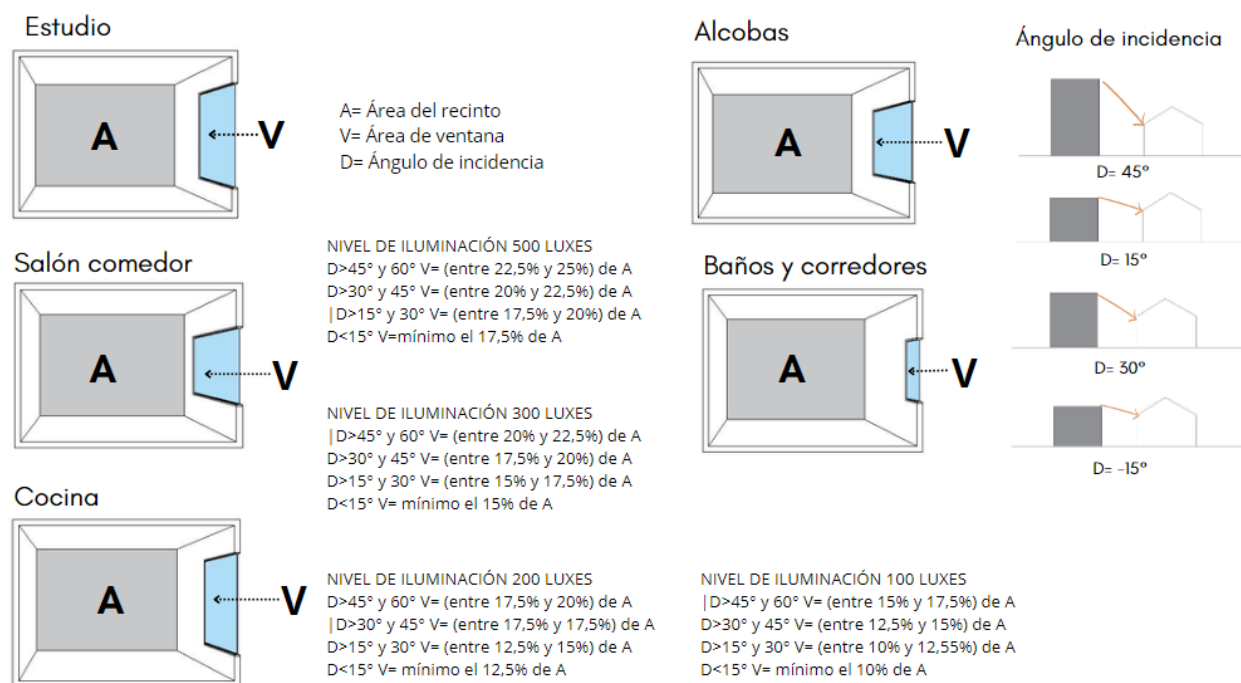


Figura 55 Nivel de iluminación recomendada. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

4.2.2 USO EFICIENTE DEL AGUA

El agua es un recurso imprescindible para la vida, 70% de la superficie de la tierra está cubierta de agua pero solo el 2.5% es agua dulce, la requerida para el consumo humano.

En las últimas dos décadas, los recursos de agua dulce disponible por persona han disminuido en más de un 20% debido entre otras cosas al crecimiento de la población y al desarrollo económico, exacerbados por el cambio climático. En América Latina, el agua por persona ha disminuido un 22%. (Naciones Unidas, 2020)

Si bien el planeta dispone de suficiente agua dulce para que toda la población mundial reciba agua limpia, en la actualidad, el reparto del agua, no es el adecuado y para el año 2050 se espera que al menos un 25% de la población mundial viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición.

Esa escasez de recursos hídricos, junto con la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado repercuten en la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia y la oportunidad de educación para las familias pobres en todo el mundo. En la última década, se han hecho algunos avances y más del 90% de la población mundial tiene acceso a fuentes de agua potable mejoradas. (Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe, S.F)

Colombia es el segundo país latinoamericano con mayor reserva hídrica, que con 2.132 kilómetros cúbicos de agua está también entre los lugares con mayores recursos acuáticos por persona, casi 46.000 metros cúbicos (Planeta Azul, 2021). Su gran riqueza hídrica se la debe al Amazonas y a sus afluentes, así como a los numerosos ríos, lagos, humedales, acuíferos subterráneos y caídas de agua que se encuentran en todo el territorio

Se acuerdo al IDEAM, se define la oferta hídrica total (OHT) como el “volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie del suelo que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lenticos.”

Según datos de ministerio de vivienda El 93% de los colombianos ya cuentan con acceso al servicio de agua potable, sin embargo y teniendo en cuenta que el 82% de la población se asienta en las ciudades (Banco Mundial, 2022), es necesario desarrollar modelos de gestión acordes con esta realidad que permitan aprovechar adecuadamente el recurso, disminuyendo posibles desperdicios y previniendo el estrés hídrico en las ciudades.

Parte del potencial hídrico del país radica en los altos índices de pluviosidad en la mayoría del territorio y una amplia red de aguas subterráneas que se recarga con la infiltración del agua lluvia pero los modelos de ocupación del territorio y planteamientos urbanos actuales, priorizan vehículo sobre el peatón y valoran el espacio público como espacio cívico (zona dura) por lo que la impermeabilización del suelo se ha convertido en un problema para la recarga de acuíferos sumado a que el agua lluvia se vierte directamente a las corrientes hídricas aumentando su caudal y por lo tanto la vulnerabilidad del suelo y de los asentamientos sobre él.

La situación actual de estrés hídrico causada por el fenómeno del niño es prueba de la vulnerabilidad y la ineficiencia en el uso del agua. Si bien Manizales, como se expuso en capítulos anteriores, solo utiliza el 40% de la oferta hídrica, la disminución en el rango normal de pluviosidad conduce a la disminución del caudal de ríos y quebradas y a la reducción de la oferta hídrica disponible

Es apremiante desarrollar un nuevo modelo de gestión del agua que reconozca la fragilidad del recurso y los límites de su disponibilidad, y se enfoque en el uso responsable del agua y la protección de las fuentes.

Se define como agua potable la que es apta para el consumo humano sin afectar la salud pero solo se requiere agua potable para el aseo personal, la preparación o procesamiento de alimento y la industria farmacéutica y cosmética, para las demás actividades se puede utilizar agua cruda o reutilizada.

Por esta razón desde el campo de la arquitectura y la construcción se deben realizar aportes significativos al uso eficiente del agua a partir del diseño de estrategias para la recolección y utilización de agua lluvia y reciclaje de aguas grises, así como proyectos urbanísticos y

paisajísticos que disminuyan al mínimo posible la impermeabilización del suelo con el fin de favorecer la infiltración del agua y la recarga de acuíferos. (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

Uso eficiente y ahorro del agua: es toda acción que minimice el consumo de agua, reduzca el desperdicio u optimice la cantidad de agua a usar en un proyecto, obra o actividad, mediante la implementación de prácticas como el reúso, la recirculación, el uso de aguas lluvias, el control de pérdidas, la reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua. (Decreto 1090 de 2018).

En el año 2021 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presenta el documento Guía para el uso eficiente y ahorro del agua como una herramienta técnica para orientar a las entidades públicas y privadas encargadas o interesadas en planificar el recurso hídrico y establece dentro de sus alternativas:

- Ahorro: no solo en las edificaciones y el usuario final sino en la extracción desde la fuente captando menos de lo requerido y permitiendo almacenar agua en época de lluvias como reserva para época de sequía
- Recirculación: aplica para el agua en la misma actividad generadora por lo tanto el usuario es el responsable de que la recirculación del agua cumpla con las características para su uso sin afectar la salud humana o el medio ambiente.
- Reducción de la demanda: gestionando en primer lugar la reducción del desperdicio en el lugar de uso para lo cual se necesita la participación activa de los usuarios.
- Reuso del agua: Utilización de aguas residuales tratadas cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por la resolución 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Estas alternativas se presentan en concordancia con las metas de ahorro propuestas por la resolución 0549 de 2015:

Lts/pers/día	Clima frío	Porcentaje mínimo de ahorro año 1	Porcentaje mínimo de ahorro a partir del año 2
Hoteles	188,5	15%	25%
Hospitales	620,2	10%	10%
Oficinas	45,0	15%	30%
Centros comerciales	6 lt/m ²	15%	25%
Educativos	50,0	15%	45%
Vivienda no VIS	145,4	10%	25%
Vivienda VIS	105,7	10%	10%
Vivienda VIP	78,1	10%	10%

Tabla 2: Porcentajes de ahorro de agua en clima frío propuestos por la resolución 0549 de 2015.

Dentro de las estrategias para lograrlo propone:



Figura 56 estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua. Elaboración propia. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Uso de accesorios para ahorro de agua:

- Para lavamanos: Llave con control de mezcla frío caliente con aireador y control de flujo 2LPM (litros por minuto)
- Para sanitario: Descarga dual con 6/4.5 LPF (litros por descarga).
- Para duchas: Bajo flujo con aireador y control de flujo debe incluir un controlador de mezcla 6 LPM (litros por minuto).

- Para lavaderos: Llave de agua fría con controlador aireador de flujo 2 LPM (litros por minutos).

La resolución 0549 establece una demanda de 145.4 lt/hab/día en una vivienda no VIS y una meta de ahorro del 25% sobre esa cifra lo que daría como resultado un consumo máximo de 109.05 lt

Uso	Porcentaje %
Aseo personal (ducha, lavado de manos)	30%
Cocina (lavado de platos, consumos propios)	22%
Descarga sanitaria	20%
Lavado de ropa	21%
Otros (lavado de pisos, jardín, etc.)	7%

Tabla 3: Distribución porcentual de la dotación para uso doméstico por persona.

(Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). Elaborado a partir de datos del Departamento Nacional de Planeación, 1991; Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000 (Versión 2010); Manual de Diseño para Viviendas de Alta Calidad Ambiental, COLPATRIA-MARES 2011.

El 48% del consumo que está asociado a descarga sanitaria, lavado de ropa y otros se podría reemplazar por agua reutilizada o agua lluvia lo que disminuiría la demanda de agua potable a solo 56.70 lt/hab/día, disminuyendo también la carga sobre las redes de alcantarillado y el vertimiento de aguas servidas a los cuerpos hídricos.

La reutilización de agua residual o aprovechamiento de aguas lluvias debe planificarse desde etapas tempranas de diseño porque implica redes de abastecimiento separadas para los aparatos alimentados con agua potable y los alimentados con agua lluvia o reusada; así mismo,

deben instalarse desagües separados para aguas grises y negras y sistemas de filtrado y tratamiento que permitan su utilización.

Reuso de Agua: Las aguas residuales se clasifican en aguas grises y negras, las aguas grises son las provenientes de lavamanos, duchas, lavaplatos, lavaderos y lavadoras que están contaminadas con grasas provenientes de los jabones y alguna suciedad que son susceptibles de aprovechamiento mediante la aplicación de tratamientos simples para ser reutilizada en la descarga de sanitarios, riego de jardines o en actividades de aseo; y las aguas negras que son las provenientes de la descarga de sanitarios que por estar contaminadas con materia orgánica no son fácilmente utilizables.

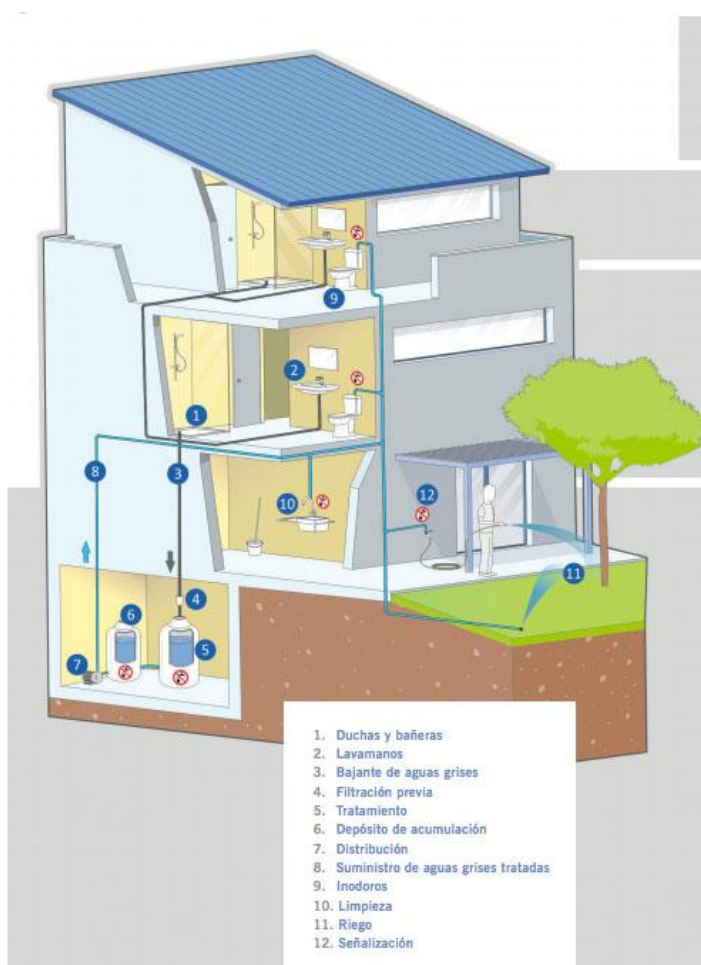


Figura 57 Reutilización de aguas grises. (Martín de Lucas, 2017)

MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO	MANUAL DE USO	MANUAL DE MANTENIMIENTO
<p data-bbox="233 417 548 453">SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE LA LAVADORA</p> 	<p data-bbox="630 417 834 434">RECOMENDACIONES DE USO</p> <ul data-bbox="639 453 984 947" style="list-style-type: none"> • Verifique las conexiones del sistema con la lavadora, la tubería de acceso de agua potable y la tubería de desagüe, evitando las fugas. • Verifique que las conexiones eléctricas de la bomba y el motor estén bien conectadas. • Coloque en el dispensador de floculante y coagulante la cantidad que corresponde (30ml/l) o la que sugiera la marca de los mismos. • Verifique que el agua circula normalmente por los filtros. • Al finalizar sus ciclos de lavado, evacúe el agua lo más pronto posible reutilizándola en vaciado de sanitarios, aseo del hogar o en cualquier otra operación que requiera. • Para evitar mal olor del agua depositada en los tanques mientras se reutiliza, agregue cloro. • Enjuague con agua limpia los tanques de almacenamiento para evitar contaminación. • Si percibe mal olor del agua, abra las válvulas de drenaje. 	<p data-bbox="1045 417 1312 434">INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO</p> <ul data-bbox="1045 453 1360 751" style="list-style-type: none"> • Mantenga el espacio del sistema libre de químicos ajenos. • Realizar lavado de tanques cada vez que se desocupen. Dicho lavado se debe realizar con agua limpia y si es necesario, retregar con escoba suave el interior sin golpear el espesor ni los mecanismos internos. • Cada vez que se realice mantenimiento de la lavadora, desconectar la tubería. • Limpie constantemente los elementos internos de los tanques para evitar que se adhieran contaminantes del agua jabonosa.

Figura 58 Prototipo para reutilizar el agua residual de la lavadora. (Díaz Oviedo & Ramírez Miele, 2016)

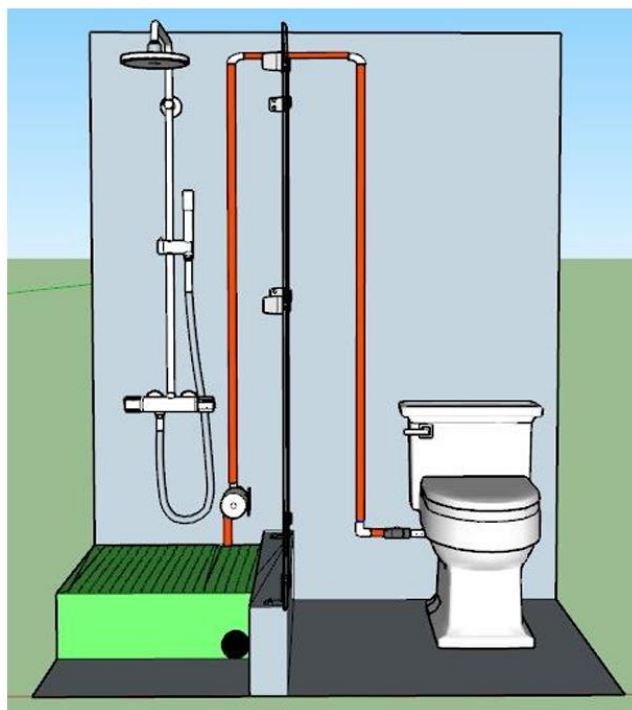


Figura 59 Prototipo para la reutilización del agua de la ducha. (García Rodríguez & Herrera Novoa, 2021)

GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA

Tradicionalmente, el agua lluvia ha sido tratado como desecho conduciéndose directamente a las redes de drenaje y no como un recurso con el potencial de disminuir el riesgo de estrés hídrico en zonas con altos niveles de pluviosidad; la correcta gestión del agua lluvia es una estrategia que apunta a reducir la demanda de agua que se extrae de la fuente, permitiendo que parte de las necesidades de las edificaciones sean cubiertas con ella, y disminuyendo la presión sobre las fuentes hídricas principales.

Los masivos procesos de urbanización han impermeabilizado gran parte del suelo de las ciudades conduciendo el agua lluvia directamente a quebradas y ríos a través de redes de drenajes impidiendo la infiltración del agua lluvia en el suelo y por consiguiente la recarga de acuíferos al tiempo que aumenta el cauce de los cuerpo hídricos y la vulnerabilidad del suelo para fenómenos de erosión y remoción en masa.

Manizales tiene presenta precipitaciones 736 mm en enero siendo este el mes menos lluvioso, lo que quiere decir que los 42 m de cubierta de una casa VIS son capaces de recolectar 30912 lt de agua, equivalentes 30,91 m³ de agua mientras la resolución 0549 sugiere un consumo de 105.7 lt por habitante por día, si se plantea que dicha vivienda está habitada por 4 personas, la demanda mensual de esta vivienda 12,68 m³, se concluye que la demanda total puede ser suplida con agua lluvia.

El documento Lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expone 2 formas en las que el agua lluvia puede ser fácilmente utilizada.

Objetivos	Criterios de selección
Racionalizar el uso de recursos naturales (insumos)	Uso de materiales regionales
	Aplicar propiedades físicas
	Modulación de elementos
Sustituir materiales y procesos de alto impacto	Reutilización y reciclaje de materiales
Manejo del impacto ambiental	Uso de materiales de menor impacto
	Manejo de residuos
	Procesos ordenados y sostenibles
	Reducción en disposición final
	Disposición adecuada de residuos no aprovechables

Tabla 4: Alternativas de aprovechamiento de aguas lluvias. Elaboración propia con información de (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022)



Figura 60 Captación de agua lluvia. (Sanear Brasil, 2024)



Figura 61 Captación de agua lluvia. (Sanitary Engineer, 2020)

Dicho documento propone también un esquema de gestión del agua lluvia a través de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y su potencia para regular las funciones del ciclo hidrológico que se ha visto alterado entre otras razones por la impermeabilización de los suelos y la fragmentación de los ecosistemas.

INFRAESTRUCTURA VERDE

Las soluciones basadas en la naturaleza aplicadas a la infraestructura y paisajismo urbano se conocen como infraestructura verde que es básicamente una red de ecosistemas artificiales y espacios verdes que proporcionan beneficios ecológicos y servicios ecosistémicos mejorándolas condiciones ambientales y la imagen de las ciudades. Dentro de los elementos de infraestructura verde se encuentran los jardines verticales, cubiertas verdes, humedales artificiales y los sistemas urbanos de drenaje sostenibles, entre otros.

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS): son drenajes alternativos que permiten la infiltración de agua en el suelo con lo que se disminuye la superficie impermeable, permitiendo que el suelo conserve características de su estructura natural y sea lo más semejante posible a su composición original, de esta manera, se disminuye la cantidad de agua lluvia y de escorrentías que es vertida directamente a los cuerpos ríos y quebradas.

Son ejemplos de sistemas urbanos de drenaje sostenible los humedales artificiales, las zanjas de canalización a cielo abierto, los sistemas de bio retención y las superficies permeables. El diseño de los SUDS está requiere el análisis de las características del suelo, condiciones hidrológicas y pluviosidad del lugar donde se va a construir por lo que es una solución específica para cada lugar.

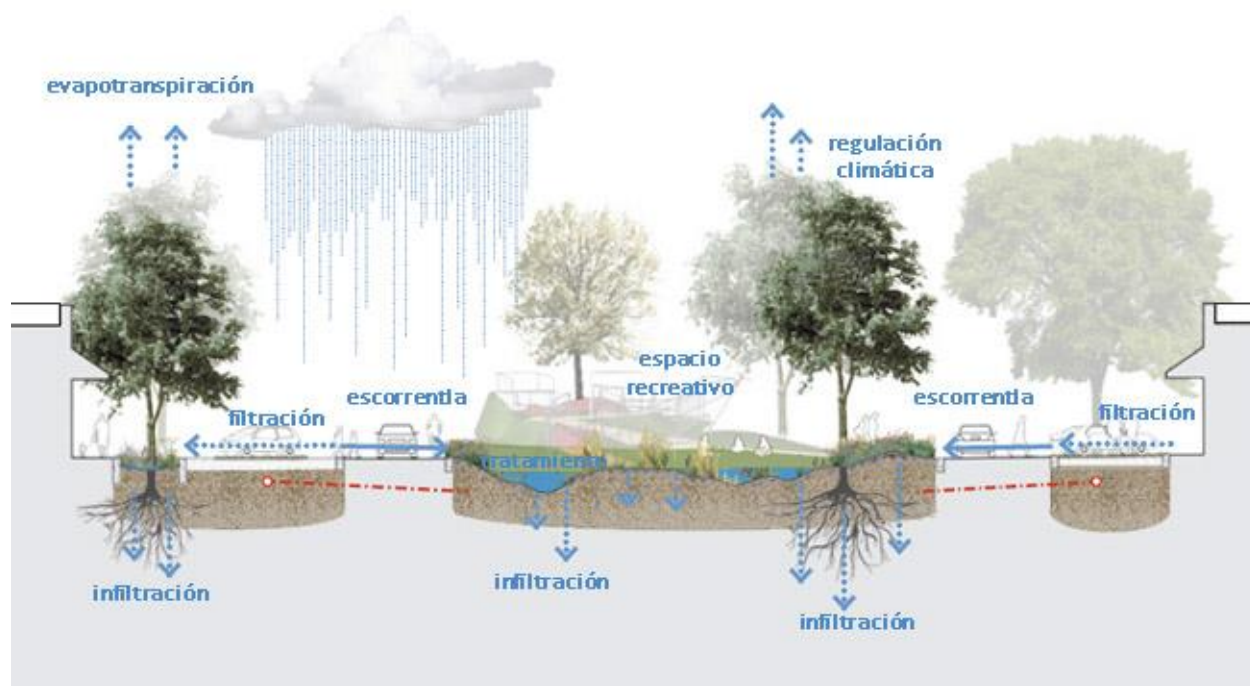


Figura 62 Manejo urbano de agua lluvia. (Projar, Sf).

4.2.3 GESTIÓN DE MATERIALES

El sector de la construcción es responsable del consumo aproximado del 60% de recursos no renovables y del 40% de la energía del país. Ese mismo sector genera el 30% de las emisiones de CO₂ y residuos que superan el 20% del total de materiales utilizados en el desarrollo de las obras de construcción (Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2020).

Las edificaciones sostenibles han logrado desde su diseño reducir sus requerimientos energéticos disminuyendo el consumo bien sea a partir de estrategias de diseño pasivo o mediante el uso de equipos de alta eficiencia o supliendo al menos parte de su necesidad energética con energías alternativas como las micro generadoras de electricidad a base de energía solar instaladas in situ.

En los proyectos sostenibles la selección de materiales es tan importante como el diseño mismo pues valida la eficacia de las soluciones propuestas, finalmente son los materiales los que convierten el proyecto en hecho cierto cumpliendo con dos objetivos principales:

- **Proporcionar las condiciones de confort y calidad ambiental** deseadas para los espacios interiores de la edificación, lo que está relacionado con su efecto de salud física y mental de sus habitantes.
- **Contribuir con la disminución del impacto ambiental de la edificación**, escogiendo los materiales responsablemente según su perfil ambiental, ya que su huella de carbono evalúa su cadena de valor desde la extracción de materia prima y posterior transformación, distribución, instalación y su posible reutilización y/o reciclaje, además de su disposición final; sumado a características como su duración, envejecimiento y biodegradación.

El Concejo colombiano de construcción sostenible propone una hoja de ruta para la selección de materiales con base en diferentes criterios donde evalúa de manera integral el proceso de fabricación del material, sus propiedades físicas, durabilidad y comportamiento en el tiempo y plantea los siguientes criterios:

DIMENSIÓN DE MATERIALIDAD	DIMENSIÓN DEL DESEMPEÑO
Corresponden a los atributos de sostenibilidad del material en relación con sus componentes y procesos en las distintas etapas del ciclo de vida.	Son las propiedades intrínsecas del material que tendrán un efecto en el desempeño del edificio
Análisis del ciclo de vida (obtención de insumos, transporte, procesamiento, instalación, fin de la vida útil inicial) lo que incluye análisis de huella de carbono, agotamiento de la capa de ozono, huella hídrica, uso de recursos naturales no renovables, energía embebida en el producto y toxicidad.	Reflectancia solar o albedo
Origen regional	Índice de reflectancia solar
Incorporación de materia prima regional	Emitancia o emisividad
Incorporación de fuentes no convencionales de energía	Aislamiento térmico.
Incorporación de contenido reciclado pre consumo y post consumo	Transmisión de luz visible
Reemplazo de combustibles fósiles	Reproducción cromática
Contenido de base biológica, uso de recursos naturales renovables.	Eficacia luminosa
Circularidad	Consumo de agua
Madera responsable	Permeabilidad
Reducción de la generación de residuos.	Facilidad de limpieza y mantenimiento
Reducción de contenido tóxico.	Durabilidad
Emisiones químicas	Reparabilidad
	Captura de contaminantes

Tabla 5: Dimensiones para la selección responsable de materiales. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2021).

La selección de materiales con criterios de sostenibilidad cumple con los siguientes objetivos

OBJETIVOS	CRITERIOS DE SELECCIÓN
Racionalizar el uso de recursos naturales (insumos)	Uso de materiales regionales
	Aplicar propiedades físicas
	Modulación de elementos
Sustituir materiales y procesos de alto impacto	Reutilización y reciclaje de materiales
Manejo del impacto ambiental	Uso de materiales de menor impacto
	Manejo de residuos
	Procesos ordenados y sostenibles
	Reducción en disposición final
	Disposición adecuada de residuos no aprovechables

Tabla 6: Objetivos de la selección de materiales. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

El ecodiseño como parte de un ejercicio integral evalúa cada aspecto que pueda contribuir a disminuir el impacto ambiental de las edificaciones por eso la sostenibilidad de las edificaciones empieza desde la conceptualización donde se establecen lineamientos de diseño, construcción y gestión del proyecto, además de su periodo operativo, mantenimiento y posterior deconstrucción esto involucra aplicación de estrategias bioclimáticas análisis del perfil ambiental de los materiales, modularidad del sistema constructivo y los materiales, reducción de desperdicios y revaloración de residuos y finalmente desmontar o deconstruir en edificio en vez de demoler.



Figura 63 Ciclo de vida de la edificación. Elaboración propia.

Materiales alternativos o sostenibles:

Son producto de la recuperación, reciclaje o aprovechamiento de residuos sólidos usados para reemplazar parcialmente los insumos o materias primas convencionales. La aplicación de principios de economía circular representadas en las 9 R: **Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar** se manifiesta en la recuperación de elementos como tejas, puertas, ventanas o piezas de madera, entre otros; en el uso de materiales cuyas materias primas sean recursos naturales de renovación rápida

Igualmente, se consideran materiales sostenibles los que a lo largo de su ciclo de vida tienen bajo impacto ambiental y baja energía incorporada manteniendo su calidad y la rentabilidad económica.

En la búsqueda de la eficiencia en el uso de recursos en la edificación y buscando disminuir su impacto ambiental, se deben aplicar las pautas recomendadas por el Concejo Colombiano de la Construcción Sostenible, no obstante, cada material hace parte del sistema constructivo de la edificación y realiza su aporte para la eficiencia energética del mismo, por eso, tiene mucha

relevancia la evaluación del desempeño del material con respecto al objetivo de confort térmico requerido para la edificación.

Para el caso de Manizales, el objetivo es la ganancia térmica para mantener el confort interior por lo tanto deben preferirse sistemas constructivos de gran masa con materiales de alta inercia térmica (capacidad de los materiales de absorber y almacenar calor) y baja transmitancia (U) (capacidad de transmitir calor de un elemento constructivo en su posición real en el edificio). A mayor masa del material, mayor inercia térmica, lo que permite almacenar calor.

Si se piensa en la envolvente como un elemento compuesto por varias capas, se puede decir que la cara exterior debe favorecer la entrada de calor y la cara interior debe evitar su salida, es decir, la cara exterior del muro debe estar construida con un material de alta conductividad para dejar entrar la mayor cantidad de calor posible y la cara interior debe estar hecha de un material con alta resistencia térmica (aislante) para no dejarlo salir. Las losas y los muros son los elementos que deben tener mayor masa para cumplir la función de almacenar energía.

La conductividad térmica hace referencia a un solo material mientras que la transmitancia se refiere a la suma de los coeficientes de todos los materiales involucrados en el muro. A mayor resistencia de la envolvente, menor es la cantidad de calor que se pierde a través de ella.

Por otra parte, la función de evitar la pérdida de calor no es solo del material del cerramiento y la estructura, el sistema y proceso constructivo como tal tiene influencia en el resultado térmico final, se debe favorecer la hermeticidad del sistema evitando los puentes térmicos que permiten la fuga de aire y/o el ingreso de corriente de aire frío.

En cuanto a las superficies vidriadas, en climas fríos la radiación solar directa pasa a través del vidrio durante el día, calentando el interior pasivamente. Es importante hacer uso de elementos de protección solar para evitar ganancia de calor excesiva por las ventanas y deslumbramiento. Lo ideal es ubicar las ventanas más grandes en dirección oriente occidente.

Las ventanas transmiten mayor claro que los muros teniendo en cuenta que el calor fluye a través de un vidrio transparente normal 10 veces más rápido que a través de un muro bien aislado, así una edificación con una relación ventana pared más alta ganará más calor que una con RVP más baja. La proporción de ventana a pared no debe exceder el 40% para evitar pérdidas de calor (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La selección de colores y texturas también juega un papel importante en el confort térmico, las superficies lisas y los colores claros reflejan el calor y la luz favoreciendo el confort interior y la iluminación natural por lo que deben utilizarse en cielo rasos, suelos y acabados de paredes.

5 CONCLUSIONES

- El estudio *The 9 Foundations of a Healthy Building* presentado por Harvard T.H. Chan School of Public Health en el 2017, expone 9 principios para que un edificio sea saludable lo que está asociado directamente a la salud de sus residentes; dentro de estos principios se encuentran la iluminación, la calidad del agua y el aire, el ruido, la ventilación y la humedad lo que es el resultado de un ejercicio de diseño realizado a partir de una mirada holística y prospectiva del proyecto entendiéndolo como un elemento que hace y hará parte del lugar donde se implanta durante varias generaciones mucho tiempo y así mismo generara diferentes tipos de impactos tanto en el lugar como en el habitante.
- Ante el contexto actual, es deber del ejercicio profesional de la arquitectura, proponer edificaciones donde se reconozca su influencia de las características del espacio en el bienestar de las personas para la creación de su hábitat particular con la complejidad que el concepto encierra; Así mismo, debe propender por el uso eficiente de los recursos en la edificación desde su concepción hasta el fin de su ciclo de vida operativa buscando que este sea lo más largo posible evitando el consumo de nuevos materiales, especialmente provenientes de materias primas nuevas o de recursos naturales no renovables.
- En el caso específico de Manizales en cuyo territorio se entretajan lo urbano y lo rural como uso del suelo pero también como particularidad social y cuyo crecimiento está limitado por escarpadas pendientes y zonas de protección con ecosistemas biodiversos donde cohabitan diferentes especies de fauna y flora sobre un suelo fértil rico en agua por lo que el modelo de ocupación propuesto por el POT se enfoca en una ciudad compacta con la consolidación de centralidades aisladas en suelo rural, la aplicación de principios de eco diseño y construcción sostenible e incluso de urbanismo sostenible no solo es pertinente sino necesario la disminuir y evitar la presión sobre sus recursos naturales y para mejorar los indicadores de calidad de vida en la ciudad.

- No existe una fórmula específica y repetitiva para la aplicación de criterios de sostenibilidad en la arquitectura, se trata más bien, del desarrollo de una metodología que tiene como base fundamental el reconocimiento, análisis y aplicación de las variables físicas y climáticas del lugar y las características físicas y metabólicas del futuro habitante y la relación entre ambas, con el objetivo de plantear estrategias acertadas para el funcionamiento del edificio y el bienestar de los habitantes así como técnicamente factibles y financieramente viables.
- Si bien existe un marco normativo de obligatorio cumplimiento donde se obliga a todas las construcciones no VIS y las VIS de manera voluntaria a cumplir con parámetros de arquitectura bioclimática, uso eficiente de energía y ahorro de agua, muchas de las edificaciones diseñadas y construidas posterior a la norma, no cumplen con los parámetros descritos, a lo que se suma que cuando se solicita la licencia de construcción de un proyecto no es necesario anexar estudios que comprueben que se han realizado los estudios bioclimáticos respectivos o de disminución en el consumo de recursos por lo que todavía falta mucho para que el gremio de la construcción contribuya efectivamente a mitigar el impacto ambiental que genera.

6 REFERENCIAS

- 07 Scketches. (Abril de 2022). *www.instagram.com/07sketches*. Obtenido de https://www.instagram.com/p/CqNj5Jttqt8/?utm_source=ig_web_copy_link&igsh=ODhhZWM5NmIwOQ==
- Abaleo: factoría de soluciones ambientales. (Sf). *abaleo.es*. Obtenido de <https://abaleo.es/que-es-ecodiseno/>
- Aguas de Manizales S.A E.P.S. (2023). *Informe de Sostenibilidad*. Manizales.
- Alcaldía de Manizales. (2017). *manizales.gov.co*. Obtenido de <https://manizales.gov.co/transparencia-y-acceso-informacion-publica/planes/plan-de-ordenamiento-territorial-2017-2031/>
- Alcaldía de Manizales. (2020). *geodata-manizales-sigalcmzl*. Obtenido de <https://geodata-manizales-sigalcmzl.opendata.arcgis.com/>
- Álvarez Pulido, A., Ivanova, Y., & Yustres Quintero, L. (2021). Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia). *EIA*, 1-11.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *www.metropol.gov.co*. Obtenido de https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). *www.metropol.gov.co/ConstruccionSostenible*. Obtenido de www.metropol.gov.co/ConstruccionSostenible: <https://www.metropol.gov.co/noticias/presentamos-la-pol%C3%ADtica-p%C3%BAblica-de-construcci%C3%B3n-sostenible-para-la-regi%C3%B3n-y-entrega-cinco-gu%C3%ADas-metropolitanas>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2015). *www.metropol.gov.co*. Obtenido de

https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2015).

www.metropol.gov.co. Obtenido de

https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/PPCSILineaBase27112015.pdf

Aristizabal Zuluaga, B., & Duque Mendez, N. O. (2015). *cdiac.manizales.unal.edu.co*.

Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Obtenido de

<https://cdiac.manizales.unal.edu.co/publicaciones/publicacion2.pdf>

Arquigraphi. (Sf). *www.instagram.com/arquigraphi/*. Obtenido de

<https://www.instagram.com/arquigraphi/>

Asamblea Constituyente de Colombia. (Julio de 1991). Constitución Política de Colombia.

Gaceta Constitucional N° 116. Bogotá D.C.

Banco Mundial. (2022). *datos.bancomundial.org*. Obtenido de

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=CO>

Banco Mundial. (Abril de 2023). *www.bancomundial.org*. Obtenido de

<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>

Carmona Anaya, A. (2023). *Habitabilidad en la Vivienda de Interés Social. Estrategias*

espaciales para la VIS, a partir de patrones de apropiación de la vivienda en Bosa.

Trabajo de grado para optar al título de maestro en arquitectura de la vivienda. Bogotá

D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Castro Lancharro, B. (2021). *publications.iadb.org*. Obtenido de

[https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Infraestructura-Verde-](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Infraestructura-Verde-Urbana-I-Retos-oportunidades-y-manual-de-buenas-practicas.pdf)

[Urbana-I-Retos-oportunidades-y-manual-de-buenas-practicas.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Infraestructura-Verde-Urbana-I-Retos-oportunidades-y-manual-de-buenas-practicas.pdf)

Chi Pool, D. A. (2021). *Iluminación natural a través de ventanas. Criterios de diseño para*

climas de México. Puebla: UDLAP.

Ching, F., & Shapiro, I. (2015). *Arquitectura ecológica. Un manual ilustrado*. Barcelona: Gustavo Gili.

Clima. (Sf). *www.clima.com*. Obtenido de <https://www.clima.com/meteopedia/azimut>

Climate data. (2021). *es.climate-data.org*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/caldas/manizales-3538/>

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *www.minambiente.gov.co*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/cartilla-criterios-ambientales-diseno-y-construccion-de-vivienda-urbana/>

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0549 anexo 1*. Bogotá D.C.

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia*. Bogotá D.C.

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *www.minambiente.gov.co*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/LINEAMIENTOS-USO-AGUAS-LLUVIAS.pdf>

Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *www.minambiente.gov.co*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/4.-Anexo-4-Guia-Uso-Eficiente.pdf>

Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *www.minambiente.gov.co*. Obtenido de [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/#:~:text=Las%20edificaciones%20sostenibles%20se%20consideran,diseños%20de%20bioarquitectura%20y%20técnicas)

Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (Mayo de 2023). *www.minenergia.gov.co*. Obtenido de [www.minenergia.gov.co](http://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/el-sistema-)

el% C3%A9ctrico-colombiano-estar% C3%ADa-en-capacidad-de-afrontar-un-posible-fen% C3%B3meno-de-el-ni% C3%B1o/

Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe. (S.F). *comunidades.cepal.org*. Obtenido de <https://comunidades.cepal.org/ilpes/es/taxonomy/term/6>

Comité Español de Iluminación (CEI); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2005). *Guía técnica para el aprovechamiento de luz natural en la iluminación de edificios*. Madrid.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). <https://www.cccs.org.co>. Obtenido de <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/05/hoja-de-ruta-de-sostenibilidad-para-materiales-de-construccion.pdf>

Corte Constitucional de Colombia. (Agosto de 2013). *www.corteconstitucional.gov.co*. Obtenido de <https://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/2013/T-583-13.htm>

Del Toro y Antúnez arquitectos. (Marzo de 2024). *blog.deltoroantunez.com*. Obtenido de <https://blog.deltoroantunez.com/2024/03/la-ventilacion-natural-en-vivienda.html>

Díaz Oviedo, J. J., & Ramírez Mielles, L. Y. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá D.C. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero de producción*. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Distrito energético. (2023). *www.distritoenergetico.com*. Obtenido de <https://www.distritoenergetico.com/eficiencia-energetica-en-edificaciones-para-el-desarrollo-urbano-sostenible/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20cifras%20de,final%20en%20todo%20el%20mundo>.

Duque Escobar, G. (Marzo de 2016). *godues.wordpress.com*. Obtenido de <https://godues.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/centro-sur-y-ciudad-regc3adon-eje-cafetero1.png>

Equipo Manual de Ecourbanismo y Construcción Sostenible. (2023). *www.sdp.gov.co*. Obtenido de https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/manual_ecourb_const.pdf

García Rodríguez, P. A., & Herrera Novoa, H. A. (2021). *Diseño de un prototipo para la reutilización de aguas grises en viviendas. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia.

Giraldo, J. (Agosto de 2022). *www.javerianacali.edu.co*. Obtenido de <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/se-lanzo-el-manual-de-construccion-sostenible-con-sello-javeriano>

Godues. (2021). *godues.wordpress.com*. Obtenido de <https://godues.wordpress.com/2021/08/08/manizales-frente-al-ordenamiento-urbano-regional/>

Green Building Council España. (Sf). *gbce.es*. Obtenido de <https://gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Hades/Hades%20v%202.0%202018/H2018%20Rennergia01.pdf>

Guadarrama, C. (2019). *uapa.cuaieed.unam.mx*. Obtenido de <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/f6999a28-3256-44a6-8823-be5ea5137a5b/Contenido/index.html>

Gutiérrez Villach, Q. (s.f.). *sostenibleosustentable.com*. Obtenido de <https://sostenibleosustentable.com/es/casas-ecologicas/arquitectura-sostenible-ecodiseno/>

Hernandez Pezzi, C. (2008). *Un Vitruvio Ecológico*. Barcelona: Gustavo Gili. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-benito-juarez-de-oaxaca/arquitectura-bioclimatica/confort-termico-e-higrotermico/5384492>

Ibañez Ríos, G. M. (Mayo de 2019). *repositorio.ucm.edu.co*. Obtenido de <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2756/1/Gloria%20Marcela%20Ib%C3%A1%C3%B1ez%20R%C3%ADos.pdf>

Iberdrola. (2023). *www.iberdrola.com*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar#:~:text=La%20radiaci%C3%B3n%20solar%20es%20la,los%20procesos%20atmosf%C3%A9ricos%20y%20climatol%C3%B3gicos>.

Ingesam. (Noviembre de 2014). *godues.files.wordpress.com*. Obtenido de <https://godues.wordpress.com/2014/11/17/fallas-y-lineamientos-geoestructurales-de-manizales/>

Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. (2022). *Boletín Climatológico Anual*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. (Sf). *idea.manizales.unal.edu.co*. Obtenido de https://idea.manizales.unal.edu.co/sitios/gestion_riesgos/descargas/gestion/Caracterizacion-POT.pdf

Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. (Sf). *idea.manizales.unal.edu.co*. Obtenido de https://idea.manizales.unal.edu.co/sitios/gestion_riesgos/amenazas5.php

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2005). *Atlas climatológico de colombia. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial*. Bogotá. Obtenido de [IDEAM, 2005a] IDEAM (2005a). Atlas climatológico de colombia. bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Junio de 2007). *godues.files.wordpress.com*. Obtenido de <https://godues.files.wordpress.com/2013/03/db6dc-3mapa-morfometrico-urbano-manizales-ideam.jpg>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Sf). *bart.ideam.gov.co*. Obtenido de <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.htm>

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. (Sf). *www.ideam.gov.co*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/siac/suelo>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Sf). *www.ideam.gov.co*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales; Unidad de Planeación Minero Energética. (2017). *Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia*. Bogotá D.C: Imprenta Nacional.

Jaramillo Robledo, Á. (2005). *Clima andino y café en Colombia*. Chinchiná: Blanecolor.

Li Ramirez, A., & al, e. (Diciembre de 2016). *www.researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/317491940_Generation_and_representation_of_air_quality_indexes_a_case_study_applied_to_Manizales

Martín de Lucas, H. (Agosto de 2017). *www.iagua.es*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>

Meteorología y climatología de Navarra. (Sf). *meteo.navarra.es*. Obtenido de [http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm#:~:text=Fahrenheit%20\(%C2%BAF\).-,Precipitaci%C3%B3n,esta%20se%20condensa%20y%20precipita.](http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm#:~:text=Fahrenheit%20(%C2%BAF).-,Precipitaci%C3%B3n,esta%20se%20condensa%20y%20precipita.)

Murthy, V. R. (2002). *Basic principles of agricultural meteorology*. BS publicaciones.

Naciones Unidas. (26 de Noviembre de 2020). *news.un.org*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>

Oke, T. R. (1987). *Climas de la capa límite*. Routledge.

Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *paho.org*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/2-3-2022-pandemia-por-covid-19-provoca-aumento-25-prevalencia-ansiedad-depresion-todo>

Pallasma, J. (2016). *Habitar*. Gustavo Gili.

Paricio, I. (1996). Construyendo hábitos. Alternativas a la vivienda: del estuche a la caja. *Arquitectura Viva*, 19-24.

Planeta Azul. (Febrero de 2021). *comunidadplanetaazul.com*. Obtenido de <https://comunidadplanetaazul.com/sabia-que-colombia-es-uno-de-los-10-paises-con-mayores-reservas-de-agua-dulce-del-mundo/>

Portillo, G. (Sf). *www.meteorologiaenred.com*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/azimut.html>

Projar. (Sf). *projar.es*. Obtenido de <https://projar.es/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds-vs-sistemas-convencionales/>

Real Academia de la Española. (Sf.). *dle.rae.es*. Obtenido de <https://dle.rae.es/equinoccio>

Real Academia Española. (Sf.). *dle.rae.es*. Obtenido de <https://dle.rae.es/solsticio?m=form>

Rodgers, L. (Diciembre de 2018). <https://www.bbc.com/>. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783#:~:text=Pero%20aunque%20el%20cemento%20%2Ddel,de%20estudios%20brit%C3%A1nico%20Chatham%20House.>

Rodríguez Viqueira, M., & al, e. (2012). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México D.F.: Limusa.

Rodríguez Viqueira, M., Figueroa, A., Fuentes, V., Castorena, G., Huerta, V., García, J. R., . . . Guerrero, L. F. (2012). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México D.F.: Limusa.

Roncancio, D. N. (2023). *Climatología Urbana. Presentación para conferencia*. Manizales.

Roncancio, D. N., & Stewart, I. D. (2022). Mapas climáticos urbanos para la planificación ambiental en Manizales, Colombia. *Boletín ambiental IDEA 182*. Obtenido de <https://journals.openedition.org/cybergeogeo/38885>

Samper Gnecco, G. (2012). *Casa+casa+ casa= ciudad?* Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.

Sanchez Inocencio, A. (Noviembre de 2016). *angelsinocencio.com*. Obtenido de <https://angelsinocencio.com/muros-y-suelos-acumuladores-termicos/>

Sanchez, Benito. (Sf). *https://ecohabitar.org/*. Obtenido de <https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/#:~:text=La%20arquitectura%20bioclim%C3%A1tica%20consiste%20en,reducir%20los%20consumos%20de%20energ%C3%ADa.>

Sanear Brasil. (Febrero de 2024). *ecoinventos.com*. Obtenido de https://ecoinventos.com/sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-para-usar-como-agua-potable/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR1f0B5QNmonRLSOwXWHifKxCgkifKaJt82RH28IB4xYSKpW6839VLACHk8_aem_AQJ2BTSBxcjyHXURMBSBSolmR1x-7TUehIGJRliyBjTSYsDZTDQEvXUK1kjNigdU8utacsUrn

Sanitary Engineer. (Junio de 2020). *www.facebook.com*. Obtenido de https://www.facebook.com/SanitaryEngineer7?locale=es_LA

Secretaría Distrital de Ambiente. (30 de 10 de 2019). *oab.ambientebogota.gov.co*. Obtenido de [oab.ambientebogota.gov.co: https://oab.ambientebogota.gov.co/politica-publica-de-ecourbanismo-y-construccion-sostenible/](https://oab.ambientebogota.gov.co/politica-publica-de-ecourbanismo-y-construccion-sostenible/)

Seiscubos. (Enero de 2021). *www.seiscubos.com*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/efecto-de-la-radiacion-solar-en-la-tierra>

Serra, R. (1999). *Arquitectura y Climas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Sistema de Información Geográfica, Alcaldía de Manizales. (2024). *sig.manizales.gov.co*. Obtenido de https://sig.manizales.gov.co/app/Consulta%20Cartogr%C3%A1fica%20Tem%C3%A1tica%20POT%20Urbano-WEB_2022-NEW/

www.fau.ucv.ve. (s.f.). Obtenido de

<https://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualimplanta.html>