

**Propuesta de diseño de una vivienda rural con componentes bioclimáticos para el sector
Guamito, en el municipio de Los Santos, Santander, Colombia**

Dayana Melissa Ramírez Zambrano

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Director

Ender José Barrientos Monsalve

Doctor en Ciencias Gerenciales

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Arquitectura

2023

Agradecimientos

Le agradezco a mis padres por estar siempre para mí, sobre todo en el aspecto económico. También, agradezco a todos mis compañeros de universidad y profesores que estuvieron pendientes de mi proceso. Además, a mis hermanos y demás familiares que siempre me apoyaron a culminar. Y sobre todo a Dios, por permitirme levantarme cada día con la fuerza necesaria para seguir adelante con mi proyecto.

Contenido

Introducción	19
1. Propuesta de diseño de una vivienda rural con componentes bioclimáticos para el sector Guamito en el municipio de Los Santos, Santander, Colombia	22
1.1 Descripción del problema.....	22
1.2 Pregunta problema.....	25
1.3 Justificación.....	25
1.4 Objetivos	26
1.4.1 Objetivo general.....	26
1.4.2 Objetivos específicos	27
2. Marco referencial.....	27
2.1 Marco conceptual	27
2.1.1 Arquitectura bioclimática	27
2.1.2 Arquitectura sostenible	37
2.1.3 Arquitectura vernácula: tapia pisada y bahareque	39
2.2 Marco legal.....	41
2.2.1 Reglamentación sobre construcción sostenible en Colombia.....	42
2.2.2 Reglamentación sobre vivienda rural en Colombia.....	43
2.2.3 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10	44
2.3 Referentes tipológicos	45
2.3.1 Internacionales	45
2.3.2 Nacional	50
3. Método.....	52

3.1 Metodología	52
3.2 Proceso metodológico	53
4. Resultados	55
4.1 Fase 1: Análisis del sitio y el entorno	55
4.1.1 Medio natural	55
4.1.2 Medio artificial	77
4.1.3 Usos urbanos y equipamientos	84
4.2 Fase 2: Análisis del usuario	92
4.2.1 Población	92
4.2.2 Hábitat	95
4.2.3 Aspecto sociocultural	97
4.2.4 Necesidades	99
4.3 Fase 3: Diagramas en base al análisis del usuario	100
4.3.1. Programa arquitectónico	100
4.3.2. Organigrama funcional	101
4.3.3. Cuadro de áreas	102
4.4 Fase 4: Desarrollo de propuesta arquitectónica	102
4.4.1 Concepto de diseño	102
4.4.2 Proceso de diseño	104
4.4.3 Zonificación	105
4.4.4 Materiales	106
4.4.5 Sistema constructivo	108
4.4.6 Análisis de componentes sostenibles	108

4.4.7 Análisis de componentes bioclimáticos	111
4.4.8 Estrategias bioclimáticas	115
4.4.9 Simulaciones energéticas	127
5. Conclusiones.....	134
Referencias.....	137

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Parámetros y factores del confort</i>	33
Tabla 2. <i>Datos generales Casa Lasso</i>	45
Tabla 3. <i>Datos generales casa para voluntarios de Yantaló</i>	47
Tabla 4. <i>Datos generales vivienda rural Colombia</i>	50
Tabla 5. <i>Sistema hídrico de Los Santos</i>	57
Tabla 6. <i>Análisis de la población rural</i>	97
Tabla 7. <i>Población adulta</i>	97
Tabla 8. <i>Labores de la población</i>	98
Tabla 9. <i>Labores de la población veredal</i>	99
Tabla 10. <i>Usuarios vivienda rural</i>	99
Tabla 11. <i>Programa arquitectónico</i>	100
Tabla 12. <i>Precipitación y Evaporación</i>	109
Tabla 13. <i>Formula oferta bruta</i>	110
Tabla 14. <i>Fórmula de oferta neta</i>	110
Tabla 15. <i>Demanda anual</i>	111
Tabla 16. <i>Actividades</i>	120
Tabla 17. <i>Equipos e iluminación</i>	120
Tabla 18. <i>Inercia térmica</i>	125
Tabla 19. <i>Parámetros de masa termica</i>	125

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ubicación vereda El Guamito, Los Santos</i>	24
Figura 2. <i>Edificio de La Alhambra, Granada, España</i>	28
Figura 3. <i>Palacio de Cristal, Londres</i>	29
Figura 4. <i>Esquema de la arquitectura bioclimática</i>	30
Figura 5. <i>Arquitectura bioclimática y su metodología</i>	31
Figura 6. <i>Parámetros relacionados con el confort térmico</i>	34
Figura 7. <i>Carta o diagrama de Givoni</i>	36
Figura 8. <i>Captación de aguas lluvias</i>	38
Figura 9. <i>Construcción con tapia pisada</i>	39
Figura 10. <i>Aprovechamiento bioclimático de la vivienda en tapia pisada</i>	40
Figura 11. <i>Construcción con bahareque</i>	41
Figura 12. <i>Fachada frontal</i>	46
Figura 13. <i>Inercia térmica del muro tapial</i>	46
Figura 14. <i>Fachada principal</i>	47
Figura 15. <i>Detalle del sistema de recolección de agua</i>	48
Figura 16. <i>Vista lateral</i>	48
Figura 17. <i>Ubicación del tanque recolector de agua</i>	49
Figura 18. <i>Montaje de la vivienda</i>	49
Figura 19. <i>Perspectiva vivienda rural</i>	50
Figura 20. <i>Primer nivel</i>	51
Figura 21. <i>Corte transversal</i>	52
Figura 22. <i>Proceso metodológico</i>	54

Figura 23. <i>Plano topográfico</i>	55
Figura 24. <i>Corte A</i>	56
Figura 25. <i>Corte B</i>	56
Figura 26. <i>Hidrografía relevante</i>	56
Figura 27. <i>Mapa hidrográfico</i>	58
Figura 28. <i>Mapa de cobertura vegetal y usos de suelo actual</i>	59
Figura 29. <i>Parte 1 vegetación de los santos</i>	60
Figura 30. <i>Parte 2 vegetación de los santos</i>	61
Figura 31. <i>Pino o araucaria</i>	62
Figura 32. <i>Ubicación estación meteorológica Cenicafé</i>	63
Figura 33. <i>Histórico de datos estación Cenicafé</i>	64
Figura 34. <i>Ubicación estación meteorológica Ideam</i>	65
Figura 35. <i>Mapa climatológico de Santander</i>	65
Figura 36. <i>Orientación y soleamiento</i>	67
Figura 37. <i>Trayectoria del sol durante invierno</i>	67
Figura 38. <i>Trayectoria del sol durante verano</i>	68
Figura 39. <i>Brillo solar</i>	69
Figura 40. <i>Brillo solar anual y mensual</i>	69
Figura 41. <i>Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021</i>	70
Figura 42. <i>Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021</i>	70
Figura 43. <i>Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021</i>	71
Figura 44. <i>Humedad relativa</i>	71
Figura 45. <i>Recopilación de temperatura mínima 2011-2021</i>	72

Figura 46. <i>Temperatura mínima 2021</i>	72
Figura 47. <i>Temperatura media 2011-2021</i>	73
Figura 48. <i>Temperatura media 2021</i>	73
Figura 49. <i>Temperatura máxima 2011-2021</i>	74
Figura 50. <i>Temperatura máxima 2021</i>	75
Figura 51. <i>Dirección del viento por mes</i>	75
Figura 52. <i>Dirección del viento anual</i>	76
Figura 53. <i>Viento</i>	76
Figura 54. <i>Paisaje del lote</i>	77
Figura 55. <i>Clasificación del suelo</i>	78
Figura 56. <i>Clasificación del suelo</i>	78
Figura 57. <i>Clasificación del suelo</i>	79
Figura 58. <i>Zonificación ambiental</i>	79
Figura 59. <i>Uso de cultivos densos</i>	80
Figura 60. <i>Vías municipales</i>	80
Figura 61. <i>Vías internas - parcelaciones</i>	81
Figura 62. <i>Ruta vehicular</i>	81
Figura 63. <i>Ruta desde el municipio de Los Santos</i>	82
Figura 64. <i>Ruta desde la vía principal</i>	82
Figura 65. <i>Ruta desde la vía principal</i>	83
Figura 66. <i>Perfiles viales</i>	83
Figura 67. <i>Equipamientos de Los Santos</i>	84
Figura 68. <i>Equipamientos institucionales tipo 1</i>	85

VIVIENDA RURAL CON COMPONENTES BIOCLIMÁTICOS	10
Figura 69. <i>Equipamientos institucionales tipo 2</i>	86
Figura 70. <i>Vivienda de Los Santos 1</i>	87
Figura 71. <i>Vivienda de Los Santos 2</i>	87
Figura 72. <i>Muro en Bahareque</i>	88
Figura 73. <i>Vivienda de Los Santos 3</i>	88
Figura 74. <i>Usos circundantes</i>	89
Figura 75. <i>Escuela El Guamito</i>	90
Figura 76. <i>Vivienda de la zona 1</i>	90
Figura 77. <i>Vivienda de la zona 2</i>	91
Figura 78. <i>Vivienda de la zona 3</i>	92
Figura 79. <i>Radio de análisis de usuarios</i>	93
Figura 80. <i>Número de viviendas, hogares y personas</i>	93
Figura 81. <i>Población por sexo</i>	94
Figura 82. <i>Tipos de vivienda</i>	94
Figura 83. <i>Edades de la población</i>	95
Figura 84. <i>Figura Tamaño de hogar</i>	96
Figura 85. <i>Número de dormitorios</i>	96
Figura 86. <i>Organigrama funcional nivel de acceso</i>	101
Figura 87. <i>Organigrama funcional nivel privado</i>	101
Figura 88. <i>Cuadro de áreas</i>	102
Figura 89. <i>Patio central</i>	103
Figura 90. <i>Perspectiva del proyecto</i>	104
Figura 91. <i>Proceso de diseño</i>	105

Figura 92. <i>Lote y topografía</i>	105
Figura 93. <i>Zonificación</i>	106
Figura 94. <i>Mapa geológico</i>	106
Figura 95. <i>Cubiertas de la edificación</i>	109
Figura 96. <i>Herramienta online PVGIS</i>	112
Figura 97. <i>Software Elements</i>	113
Figura 98. <i>Software Climate consultant</i>	114
Figura 99. <i>Grafica de givoni</i>	114
Figura 100. <i>Ventanas con celosías</i>	116
Figura 101. <i>Protección solar con vegetación</i>	117
Figura 102. <i>Árbol hayuelo</i>	117
Figura 103. <i>Ventilación cruzada</i>	118
Figura 104. <i>Actividades metabólicas</i>	121
Figura 105. <i>Temperatura bulbo seco</i>	122
Figura 106. <i>Soleamiento en la mañana</i>	123
Figura 107. <i>Soleamiento en la tarde</i>	124
Figura 108. <i>Parámetros tapia pisada</i>	125
Figura 109. <i>Calculo inercia termica</i>	126
Figura 110. <i>Orientación de la edificación</i>	127
Figura 111. <i>Solsticio de verano 1</i>	128
Figura 112. <i>Solsticio de invierno 1</i>	128
Figura 113. <i>Solsticio de verano 2</i>	129
Figura 114. <i>Solsticio de invierno 2</i>	130

Figura 115. <i>Fachada lateral derecha</i>	131
Figura 116. <i>Fachada frontal de acceso principal</i>	131
Figura 117. <i>Fachada posterior</i>	132
Figura 118. <i>Fachada lateral izquierda</i>	132
Figura 119. <i>Fachada lateral derecha</i>	133
Figura 120. <i>Fachada lateral izquierda</i>	134

Resumen

Diseñar una vivienda con dinámicas bioclimáticas generando confort en la vivienda mediante la utilización de materiales de la zona y estrategias bioclimáticas. Por consecuencia, responde al mejoramiento ambiental evitando el crecimiento de reurbanización o entrada de población urbana, preservando la población procedente de la vereda “El Guamito”. Dando como resultado el diseño de una vivienda apta para la población rural.

Palabras clave: arquitectura bioclimática, vivienda rural, confort térmico

Abstract

Design a housing with bioclimatic dynamics generating comfort in the house using local materials and bioclimatic strategies. Consequently, respond to environmental embracement, avoiding the growth of redevelopment or urban population entry, preserving the population from rural area called “*El Guamito*”. As a result, the design of a housing suitable for rural population.

Keywords: bioclimatic architecture, rural housing, thermal comfort

Glosario

Absorción Solar: también llamada absorbancia, representa la fracción de radiación incidente que es absorbida por un material, con valores que van de 0.0 a 1.0 depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales

ACIMUT: desplazamiento del plano vertical que contiene al sol con relación a su posición al mediodía medido sobre el plano del horizonte. Se considera positivo durante la mañana y negativo durante la noche.

Bioclimática: el término de construcción bioclimático engloba un extenso abanico de opciones, si bien en términos generales la descripción de arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios o viviendas teniendo presente las condiciones climáticas, aprovechando recursos libres (sol, flora, lluvia, vientos) para reducir los impactos ambientales, procurando reducir los consumos energéticos, definición extraída de diccionario arquitectónico.

Carta Solar: diagrama en el que se representa la posición del sol sobre un lugar determinado para fechas diferentes y a diferentes horas, es función de la altura del sol y el acimut del punto (orientación con respecto al sur) En el eje vertical se sitúa la altura solar en grados sexagesimales y en el eje horizontal el acimut medido desde el sur.

Confort: el estado psicofisiológico (mental y físico) que expresa satisfacción con el ambiente biotérmico y sensorial que rodea al usuario.

Confort Térmico: es una sensación neutral de la persona respecto a un ambiente térmico determinado, también tiene relación con una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico, depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Conductancia: propiedad de una capa de material, esta depende del espesor específico de dicha capa, representa su capacidad para conducir el calor y es cuadrado grado Celsius ($W/m^2^{\circ}C$).

Conductividad térmica: cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la superficie de un material, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras.

Clima: conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado de la atmósfera y su evolución en un lugar geográfico determinado.

Estación meteorológica: sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer un comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.

Humedad Relativa: porcentaje de vapor de agua que tiene el aire con relación al máximo que puede contener a su temperatura sin saturarse, se mide en %.

Incidencia térmica: dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura debido a su masa térmica.

Inercia térmica: la propiedad de los materiales es almacenar calor y, como resultado, cambiar su temperatura durante un cierto período de tiempo. Un material con alta inercia térmica es un material que requiere mucha energía para elevar su temperatura en la misma cantidad de tiempo. La inercia térmica está estrechamente relacionada con la cantidad de masa, porque a mayor masa, mayor inercia.

Ganancias internas: este flujo de energía solo puede ser positivo y se refiere al calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólica, a los sistemas de iluminación de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta.

Ganancias por conducción: flujos de calor a través de la envolvente del edificio la cantidad de calor ganado o perdido dependerá de las características térmicas de los materiales empleados de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta.

Ganancias por ventilación: las pérdidas y ganancias por ventilación ocurren cuando el aire exterior ingresa y circula a través del edificio, lo cual implica también que el aire interior sea expulsado hacia afuera. Cuando la temperatura del aire exterior es mayor que la del aire interior se tienen ganancias y viceversa.

Ganancias solares directas: ganancia de calor absorbido por la superficie de un material ante la radiación solar que incide a través de superficies transparentes, como el vidrio o los vanos.

Masa térmica: La masa térmica es el valor de la capacidad potencial de almacenamiento de calor en un conjunto o sistema. Los muros de agua, pisos de hormigón y muros de adobe o tapia, son ejemplos de masa térmica.

Precipitación: En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero como rocío no neblina, que son formas de condensación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o monto pluviómetro. Se mide por mm/m²h.

Radiación: Es una emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas que se manifiesta en cualquier cuerpo por el simple hecho de encontrarse a una cierta temperatura.

Sistemas pasivos: Se los llama pasivos ya que no se utilizan otros dispositivos electromagnéticos (bombas, recicladoras, ventiladores, etc.) para recolectar el calor. Esto sucede por principios físicos básicos como la conducción, radiación y convección del calor

Viento: Es un desplazamiento de aire generado por las diferencias de presión entre masas de aire; el aire se mueve de las zonas más altas presión (anticiclón) a las zonas de baja presión (depresión).

Ventilación cruzada natural: es cuando un ambiente o edificio tiene aberturas colocadas en paredes opuestas o adyacentes que permiten la entrada y salida de aire. Diseñado para edificios ubicados en zonas climáticas con temperaturas más altas, el sistema permite la ventilación continua en el edificio, su renovación e incluso una reducción significativa de la temperatura interna.

Introducción

La vivienda es un derecho humano reconocido por la Organización de las Naciones Unidas, ONU, dentro de los derechos universales y como garante en la mejora de las condiciones de vida y el disfrute de los derechos económicos, sociales y culturales, DESC (ONU – Hábitat, 2019). El desarrollo de la vivienda hace parte ineludible del desarrollo sostenible, y eso se evidencia en su inclusión dentro de las 169 metas de la Agenda 2030 y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, dentro de los cuales se encuentra el ODS 11, Ciudades y comunidades sostenibles que incluye el tema de transporte y vivienda dentro de sus prioridades.

De acuerdo con la Agenda 2030, se espera que para este año las personas tengan acceso a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales (ONU, s.f.). Sin embargo, es importante aclarar que se entiende por vivienda adecuada, aquella que provee mucho más que cuatro paredes y un techo porque involucra elementos de tenencia, disponibilidad de servicios, instalaciones sanitarias, asequibilidad, accesibilidad, habitabilidad, ubicación y adecuación cultural (ONU – Hábitat, 2018).

En el caso de Colombia, esta meta se convierte en todo un reto; toda vez que, de acuerdo con datos del Departamento Nacional de Estadística, DANE (2022), el déficit habitacional en Colombia para el año 2021 en los centros poblados y rurales dispersos alcanzó el valor de 68.2%, más de tres veces, comparado con el 20,4% de las cabeceras. A esta situación se suma que los programas, planes y proyectos de vivienda rural en Colombia, durante los últimos cincuenta años son derivados de un concepto incompleto de desarrollo, centrados en el déficit cuantitativo, dejando de lado aspectos sociales, ambientales y económicos que garanticen su sostenibilidad (Acevedo y Hurtado, 2022).

El presente proyecto se desarrolla en Los Santos, un municipio del departamento de Santander, al oriente de Colombia, donde se presentan dos situaciones relevantes para este estudio: por una parte, el fenómeno migratorio de la población urbana de la zona metropolitana de Bucaramanga hacia el sector rural, buscando sitios de descanso; y de la población rural hacia las ciudades, buscando mejores oportunidades de trabajo, de manera que se generan cambios significativos relacionados con la contaminación o el uso del suelo. A partir de esta reurbanización, los campesinos han perdido sus trabajos en agricultura y se han tenido que dedicar al cuidado de viviendas vacacionales.

La otra situación relevante en el territorio de estudio está relacionada con la escasez y poca disponibilidad de agua de este territorio debido a las características naturales como la geografía y las escasas precipitaciones; y antrópicas, como la deforestación, derivación de fuentes hídricas y carencia de una política pública que garantice el cuidado y sostenibilidad de las cuencas hídricas existentes (Flórez, 2019).

Con el objetivo de proponer una opción de vivienda familiar rural mucho más confortable, se han tomado los postulados de la arquitectura bioclimática, entendida como el conjunto de elementos arquitectónicos, y constructivos, que mejoran el bienestar humano mediante el uso de energías pasivas transformando las condiciones del microclima, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente (Barranco, 2015). En este sentido, en este tipo de construcción se pueden encontrar elementos significativos para generar soluciones de vivienda enmarcadas dentro de los principios de desarrollo sustentable que exige el mundo actual y acordes con las necesidades del territorio en mención.

El documento se encuentra organizado en cinco apartados; en el primero se presenta la propuesta de diseño de la vivienda; en el segundo se incluyen los referentes teóricos tanto nacionales como internacionales; en el tercer apartado se explica la metodología utilizada; el cuarto contiene los resultados obtenidos; y finalmente, las conclusiones.

1. Propuesta de diseño de una vivienda rural con componentes bioclimáticos para el sector Guamito en el municipio de Los Santos, Santander, Colombia

1.1 Descripción del problema

La vivienda cumple el papel de proteger y cuidar la vida de las personas que la habitan, respondiendo a necesidades básicas como descansar, comer, asearse o dormir. Es por esto que, toda vivienda está hecha con el fin de salvaguardar y brindar supervivencia al ser humano; pero su función debe ir más allá, para alcanzar equilibrio social, económico y ambiental. Sin embargo, esto no se ha logrado, al contrario, el desarrollo de la vivienda ha contribuido a la expansión poblacional desmedida y tiene en peligro la preservación de los recursos naturales y de la vida en el planeta por la sobre explotación de estos.

La vivienda en Colombia, desde mediados del siglo XX, ha estado ligada a un modelo de desarrollo implantado en América Latina dentro de los procesos de modernización de los países del primer mundo; en este sentido, los planes y programas han estado enfocados, principalmente, en el déficit cuantitativo, dejando de lado las dimensiones social, política y ambiental y reduciendo la vivienda a un concepto simplista, desarticulado del hábitat, el medio ambiente y el territorio (Acevedo y Hurtado, 2022). De acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida, ECV, realizada por el DANE (2022), de los 16 millones, 908 mil hogares (excluyendo a las viviendas indígenas), el 31% presenta déficit habitacional. El 7,5% corresponde a déficit cuantitativo, y el 23,5% a cualitativo.

Ahora bien, Colombia es un país con una vocación eminentemente rural. Más del 90% del territorio y un 75,5% de los municipios son rurales. La vivienda en la ruralidad tiene connotaciones muy diferentes a la urbana, porque en ella, las familias desarrollan no solo actividades de descanso,

sino de trabajo y ocio; además que se interrelaciona con el entorno donde se encuentre. Para que una vivienda rural sea digna, debería tener elementos de diseño relacionados con el acceso a los servicios públicos, pero también acorde al entorno ambiental, climático, social y cultural que refleje la identidad y diversidad del país (Guardiola, 2018). Sin embargo, las soluciones de vivienda que propone el Estado no son adecuadas para las necesidades de los campesinos (Minvivienda, 2020, citado por Acevedo y Hurtado, 2022).

Así mismo, al hacer un comparativo en los déficits de vivienda entre las cabeceras y los centros poblados y rural disperso, las diferencias son mucho más marcadas; puesto que, el 20,4% de los hogares en cabeceras presentan déficit habitacional; mientras que en los centros poblados y rural disperso corresponde al 68,2%; es decir, más de 3 veces. El análisis es similar cuando se revisan cifras de déficit cuantitativo: 3,7% para cabecera y 20,7% para centros poblados y rural disperso; es decir, 5 veces superior; y para el déficit cualitativo: 16,7% para cabecera y 47,5% para centros poblados y rural disperso, casi 3 veces.

Este proyecto se desarrolla en la vereda El Guamito, municipio de Los Santos, Santander, al oriente de Colombia (Figura 1), ubicada a una distancia aproximada de 4 kilómetros del casco urbano; a 6°77'59.113" Norte y 73°10'19.514" Oeste, con alturas comprendidas entre los 1.000 y los 1.800 m.s.n.m. (Alcaldía de los Santos, s.f.)

La red hidrográfica del municipio está conformada por los ríos Chicamocha y Sogamoso, pertenecientes a la cuenca del río Magdalena. Las tierras que conforman este municipio, en su mayoría, son rocosas y agrestes, con una erosión crítica, sobre todo en las laderas del cañón, además la cobertura vegetal es escasa por lo que en época de verano la mayoría de quebradas permanecen secas. Los bosques están ubicados en una pequeña zona, en las veredas Majadal Bajo, Piedra del Rayo, el Carrizal, El Verde, Rosablanca y Las Delicias. En cuanto a las veredas Espinal,

el Guamito, Llanadas y La Loma, Rosablanca, el Tabacal presentan rastrojos bajos y pajonales y cultivos semipermanentes de tabaco, maíz y frijol; además, de zonas de pasto natural y mejorado para la ganadería (Alcaldía de los Santos, s.f.).

Figura 1. *Ubicación vereda El Guamito, Los Santos*



Adaptado de información entregada por la Alcaldía de Los Santos (2022).

Una de las problemáticas más significativas de este territorio es la escasez de agua, relacionada con varios aspectos como: el bajo nivel de precipitaciones e intensas olas de calor, consecuencia del cambio climático; altos niveles de deforestación, deficiencias en la regulación del uso y ahorro eficiente del agua, incremento acelerado de la población flotante debido a la reurbanización y creciente actividad turística. Estas causas han generado la deficiente prestación del servicio de acueducto, generando racionamientos en el suministro de agua tanto en el área urbana como rural; incluso se ha tenido que recurrir al uso de cisternas y entrega de agua en bolsa para atender la emergencia en el sector rural. A esto se suma la actividad minera de piedra caliza para la producción de cal, lo que representa un riesgo de contaminación latente para las fuentes de agua de la zona (Jaimes, 2019).

Finalmente, es importante mencionar que en el territorio aún permanecen elementos culturales relacionados con la arquitectura, como son el uso de técnicas constructivas como la tapia

pisada o el bahareque, heredadas de la cultura Guane y de los españoles. Sin embargo, no existen procesos significativos de apropiación y revalorización de este tipo de saberes, ni el relevo generacional para generar soluciones de vivienda a partir de estos elementos identitarios.

A partir de lo anterior, se percibe que la arquitectura bioclimática es una alternativa pertinente para ser aplicada en el sector de estudio. Teniendo en cuenta que ésta se encuentra estructurada sobre principios de sostenibilidad (económica – ambiental – social), tomando elementos de diseño que busquen aumentar el confort, haciendo uso eficiente de los recursos y teniendo en cuenta los elementos autóctonos del territorio (González (2004), citada por Castaño y Osorio (2013).

La aplicación de la bioclimática en el entorno rural permite revalorizar la vivienda campesina, entendida no solo como el espacio donde convive la familia, sino como el principal sitio de trabajo de donde proviene el sustento de la misma.

1.2 Pregunta problema

¿Qué elementos arquitectónicos debería contener una vivienda con un bajo impacto ambiental y climático, tomando en cuenta los principios de la arquitectura bioclimática y el aprovechamiento del recurso hídrico, en la vereda El Guamito, del municipio Los Santos, Santander, Colombia?

1.3 Justificación

Una de las razones de ser de la academia, además de la generación de conocimiento, es la transformación positiva del entorno. En materia de arquitectura, esto se puede representar en generar propuestas para mejorar el hábitat de las comunidades, a partir de postulados y principios

innovadores, pero tomando como referente el contexto y los antecedentes culturales, que en muchas ocasiones tienen elementos valiosos como la arquitectura vernácula o la utilización de elementos del territorio.

En este sentido, esta propuesta es pertinente por cuanto busca generar un modelo eco integrados para soluciones de vivienda, haciendo un estudio del territorio y de sus comunidades, de manera que se logre una caracterización integral que permita analizar condiciones geográficas, ambientales, sociales y culturales. Esto permite generar propuestas mucho más adecuadas para las necesidades del territorio en particular.

Otro factor relevante se relaciona con la identidad cultural, puesto que se han tomado en cuenta las técnicas constructivas ancestrales con que cuenta este territorio, relacionadas con la tapia pisada y el bahareque; y que para el caso del sector rural aún siguen siendo significativas.

Desde el punto de vista académico, permite que los futuros profesionales de la arquitectura estudien y profundicen en técnicas alternativas y que tienen la sustentabilidad integral como eje articular, como lo son la arquitectura bioclimática y la arquitectura sostenible. Adicionalmente, el presente proyecto tiene un componente adicional de aprovechamiento del recurso hídrico, toda vez que se trata de un territorio con unas características muy particulares en este aspecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una vivienda rural para la vereda Guamito, municipio de Los Santos, Santander, Colombia basada en los principios de la arquitectura bioclimática acorde con las necesidades y características del entorno.

1.4.2 Objetivos específicos

Realizar un análisis climático del sitio.

Realizar un análisis del usuario tomando en cuenta elementos económicos, sociales y culturales relacionados con el hábitat.

Determinar los componentes bioclimáticos pertinentes para ser utilizados en la propuesta de diseño.

Diseñar la propuesta de vivienda rural tomando en cuenta los elementos de la bioclimática pertinentes para el territorio de estudio.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

Para el desarrollo de este proyecto se han tenido en cuenta postulados de la arquitectura bioclimática principalmente; sin embargo, teniendo en cuenta las características del territorio de estudio resulta pertinente incluir algunos fundamentos sobre arquitectura sostenible, sobre todo, relacionados con el uso eficiente del agua y de la arquitectura vernácula, puesto que en la zona se encuentran técnicas de construcción con tierra como la tapia pisada y el bahareque.

2.1.1 Arquitectura bioclimática

Se entiende por vivienda bioclimática “aquella que tiene en cuenta las condiciones climáticas y ambientales para ayudar a lograr el confort higrotérmico interior y exterior. Contiene y reproduce exclusivamente elementos arquitectónicos y de diseño sin sistemas mecánicos” (Izard y Guyot, 1980, p.32).

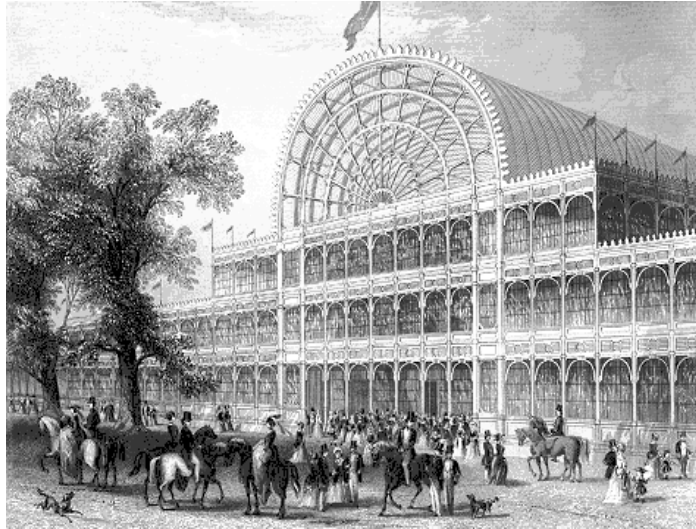
Figura 2. Edificio de La Alhambra, Granada, España



Nota. El diseño permite que los estanques interiores se enfríen a través de la circulación del aire. Tomada de Pixabay (2016).

Los antecedentes de la arquitectura bioclimática son mucho más antiguos de los que se podría pensar; puesto que, desde el comienzo de la civilización, el ser humano ha utilizado diversas estrategias para resguardarse del clima y las condiciones inclementes de la naturaleza como la lluvia, el viento, el sol, entre otros factores. Existen innumerables ejemplos de estos antecedentes; como la Alhambra, en Granada, España (Figura 2). Estudios realizados por la arquitecta Margarita de Luxán, demuestran que la disposición de los patios corresponde con la dirección de los vientos dominantes en verano, para permitir el enfriamiento del agua de los estanques (Salazar, 2010).

Otro ejemplo es el Palacio de Cristal de Londres (Figura 3), construido por Joseph Paxton, quien incorporó, de manera novedosa, nuevos materiales como el cristal y el metal para generar mayor eficiencia en la iluminación mejorando en confort interior y la resistencia y durabilidad mediante el uso de estructuras metálicas (Hernández, 2014).

Figura 3. *Palacio de Cristal, Londres*

Tomado de Hernández (2014).

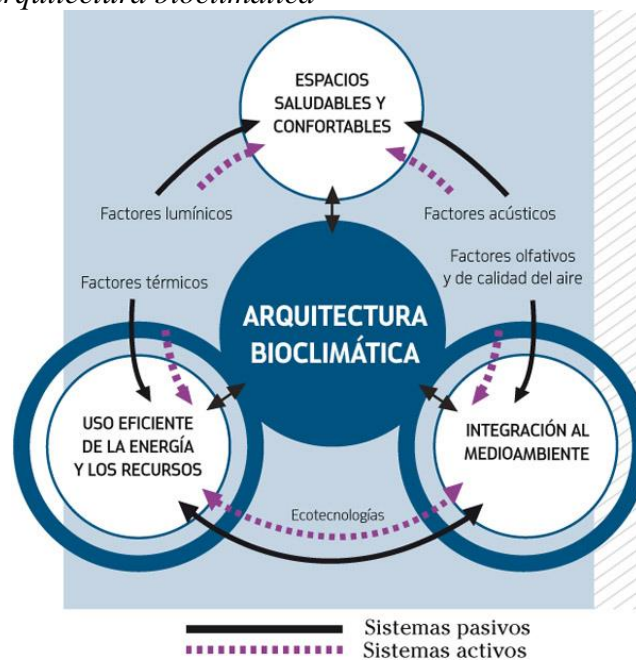
La Revolución Industrial trajo consigo una problemática ambiental derivada de las emisiones de dióxido de carbono, además, las edificaciones cambiaron la ventilación natural por fachadas con cristales y sin entrada de aire, olvidando que la calidad de una vivienda depende el nivel de confort y del respeto por el medio ambiente (Garzón, 2007). En este sentido, los diseños bioclimáticos toman fuerza con los movimientos ambientalistas de la década de 1960 y 1970 y fue el arquitecto húngaro Víctor Olgyay, quien sentó las bases de este tipo de arquitectura (Conforme y Castro, 2020).

De acuerdo con Garzón (2007), la arquitectura bioclimática “es la fusión de los conocimientos adquiridos por la arquitectura tradicional a lo largo de los siglos, con las técnicas avanzadas en el confort y en el ahorro energético” (p.17). Otro concepto es planteado por González (2004) citada por Castaño y Osorio (2013), como aquella que emplea materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad, es decir, sin poner en riesgo a las generaciones futuras, teniendo en cuenta las energías renovables, la integración paisajística y los materiales autóctonos.

Para ello, se hace uso de la tecnología y la innovación con materiales y diseños con un enfoque multidisciplinar en términos de confort y de ahorro energético (Turégano, et al., 2009). A diferencia de la arquitectura convencional, la bioclimática modifica el microclima interno a través del propio diseño arquitectónico, teniendo en cuenta variables de diseño como la orientación, los materiales, los colores, el tamaño de aberturas, el paisaje, entre otras (Garzón, 2007). Como se puede inferir de los conceptos anteriormente expuestos, este tipo de arquitectura tiene en cuenta elementos del entorno tanto físico como social y cultural para entregar propuestas acordes con las necesidades de cada lugar.

A partir de lo anterior, podemos identificar los tres componentes que se conjugan en la arquitectura bioclimática (Figura 4): espacios saludables y confortables, uso eficiente de la energía y los recursos y la integración al medioambiente.

Figura 4. Esquema de la arquitectura bioclimática



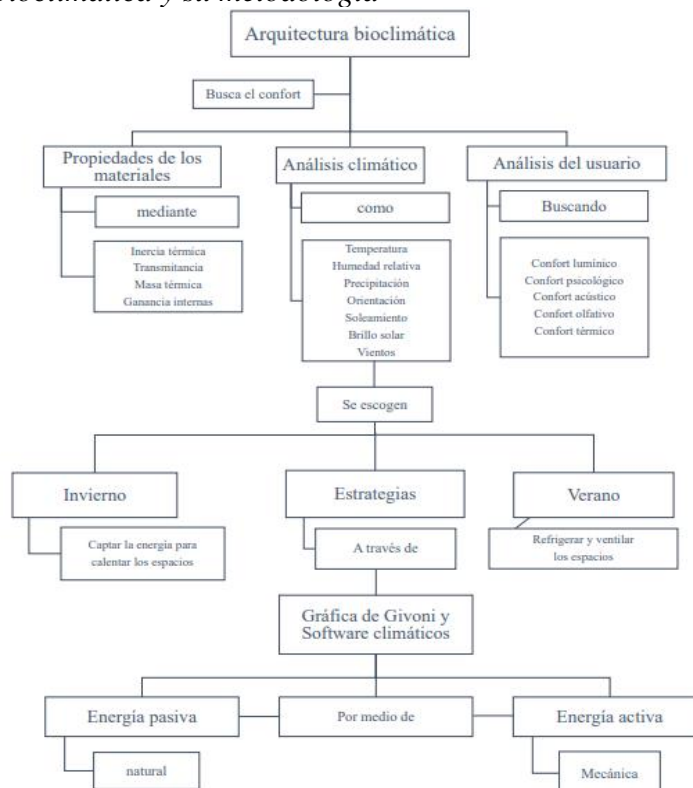
Tomado de Simancas (2003).

Así mismo, respecto a la información consultada, la Figura 5 recoge los principales aspectos que incluye la arquitectura bioclimática.

2.1.1.1. Sistemas de control climático. Dentro de este tipo de arquitectura existen dos sistemas de control climático:

2.1.1.1.1. Sistemas pasivos. Se basan en el control de variables climáticas al interior de la edificación haciendo uso de materiales y formas para incidir en la radiación solar, de manera que se logra generar sistemas de control y amortiguamiento térmico (Conforme-Zambrano y Castro-Mero, 2020). Dentro de estos encontramos los sistemas de control de la radiación solar, la iluminación natural, la refrigeración por evaporación y radiación, y la ventilación, entre otros.

Figura 5. *Arquitectura bioclimática y su metodología*



2.1.1.1.2. Sistemas activos. Son todos aquellos que utilizan una fuente auxiliar para su funcionamiento, ya sea convencionales o renovables. Por ejemplo, termostatos, sistemas de calefacción con energía solar, sistemas con energía eólica o fotovoltaica, entre otros (Conforme-Zambrano y Castro-Mero, 2020).

Ahora bien, como uno de los fines principales de la arquitectura bioclimática es lograr el confort de los individuos, es pertinente dedicar un apartado a este concepto y sus diferentes tipologías.

2.1.1.2. Principales metodologías de diseño bioclimático. Existen diversas metodologías para el diseño aplicando los principios de la bioclimática; a continuación, se hace referencia a algunas de ellas:

2.1.1.2.1. Metodología de los hermanos Olgyay. Comprende cuatro pasos: 1) el análisis climático, tomando variables como temperatura, humedad, radiación y efectos del viento; 2) evaluación biológica, basada en las sensaciones humanas; 3) soluciones tecnológicas, tomando en cuenta aspectos como el sitio, la orientación, los movimientos del aire, la forma de la casa; y finalmente, 4) expresión arquitectónica, donde se desarrollan los conceptos arquitectónicos a partir de los resultados de los tres primeros pasos (Salazar, 2012).

2.1.1.2.2. Metodología de Baruch Givoni. En este caso se relacionan las variables confort humano, clima y arquitectura con las que se construye un climograma que permite trazar las características bioclimáticas de un sitio, a partir de su interpretación se sugieren estrategias de diseño (Givoni, 1969, citado por Salazar, 2012).

2.1.1.2.3. Metodología de Szokolay. Comprende el diseño del proyecto de un anteproyecto; las decisiones para generar el proyecto y la evaluación final de factores térmicos, de ventilación, lumínicos y de estimación del uso de la energía para todos los propósitos, para finalmente obtener una propuesta energética y de diseño final. (Salazar, 2012).

2.1.1.2.4. Metodología de Kean Yeang. Se trata de una metodología moderna donde se definen los vínculos entre el medio edificado y el medio exterior. Este modelo tiene cuatro fases: producción, construcción, funcionamiento y recuperación. Además, se reconoce al edificio dentro de un ecosistema amplio que incluye productos, recursos e impactos (Salazar, 2012).

2.1.1.3. Confort. De acuerdo con Simancas (2003), el confort se refiere a un estado de bienestar físico, mental y social para el usuario, donde no existe ninguna distracción o molestia. Dicho confort contiene parámetros y factores como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. *Parámetros y factores del confort*

Parámetros del confort	
Ambientales	Temperatura del aire
	Humedad relativa
	Velocidad del aire
	Temperatura radiante
	Radiación solar
	Niveles de ruido
Factores del confort	
Personales	Metabolismo: alimentación, actividad física
	Ropa: grado de aislamiento
	Aclimatación: tiempo de permanencia
	Salud
	Color de piel
	Historial: térmico, lumínico, visual y acústico
	Constitución corporal: sexo, edad, peso
Situación geográfica	
Socioculturales	Educación
	Expectativas para el momento y lugar considerados

Adaptado de información tomada de Simancas (2003).

es la cantidad de agua que posee el aire, es un parámetro en el que se puede incidir directamente mediante algunas correcciones de diseño. En cuanto a la Temperatura radiante (T_{mr}), es un componente poco frecuente en los proyectos y se define como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes en un espacio a su interior; en este sentido, puede ser aprovechada a la hora de incluir sistemas de calefacción y refrigeración en los proyectos arquitectónicos. Finalmente, la Velocidad del aire (V) puede ser muy útil para proyectos que incluyan sistemas pasivos puesto que permite aprovechar las corrientes para refrescar o calentar espacios (Simancas, 2003 y Aquino, 2018).

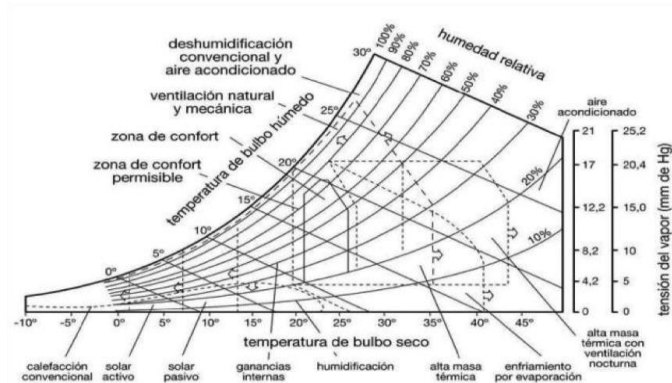
Otro elemento para tener en cuenta en el estudio del confort térmico, son los diagramas o cartas psicométricos porque permiten “determinar de forma gráfica el contenido de vapor de agua en el ambiente (Aquino, 2018, p. 25)”. Su origen data de comienzos del siglo XX, cuando Houghten y Yagloglou propusieron ubicar zonas de confort en un diagrama psicométrico, relacionando humedad y temperatura, con base en el índice de temperatura efectiva. A partir de allí, surgieron innumerables estudios que dieron origen a los diagramas o cartas bioclimáticas que permiten establecer las estrategias de diseño activo y pasivo más adecuadas (Givoni, 1969, citado por Da Casa et al., 2019).

Existen varios tipos de estos diagramas; sin embargo, los más utilizados son los de Givoni, Olgyay. La carta bioclimática de Givoni (Figura 7) se basa en el Índice de tensión térmica (ITS); así como lo explica Da Casa et al., (2019), en el eje X se ubica la temperatura del bulbo seco y en el eje Y, la tensión parcial de vapor de agua contenido en el aire; mientras que las líneas curvas psicométricas representan la humedad relativa y sobre la línea máxima de humedad se ubica la temperatura del bulbo húmedo. Es importante mencionar que las indicaciones obtenidas de este diagrama son tipo orientativo y no exclusivo. Una limitante de esta herramienta es que se debe

contar con datos climatológicos confiables de un sitio en particular para no caer en modelos generalistas.

2.1.1.3.2. Confort lumínico y visual. Se refiere al conjunto de condiciones en un determinado ambiente, con las cuales un ser humano puede desarrollar sus tareas visuales con el máximo de agudeza y precisión visual, el mínimo esfuerzo, el menor riesgo de perjuicios a la vista y con reducidos riesgos de accidentes (Lamberts et al., 2004, citados por Área Metropolitana de Aburrá y UBP, (2015). Simancas (2003) se refiere a este como la influencia negativa o positiva que ejercen las condiciones del espacio sobre las respuestas del ojo humano. Los parámetros relacionados con este confort son la intensidad luminosa o la cantidad de luz que emite una fuente en una dirección determinada; la iluminancia o el nivel de iluminación de un espacio; la luminancia o cantidad de luz emitida por una superficie en una dirección determinada; el contraste y el deslumbramiento, relacionados con el brillo de los objetos y el fondo; el color, relacionado con la temperatura de estos y, el índice de rendimiento.

Figura 7. Carta o diagrama de Givoni



Tomado de Hernández (2014).

2.1.1.3.3. Confort acústico. De acuerdo con el Área Metropolitana de Aburrá y la UPB (2015) el confort acústico se refiere a que el campo sonoro en un espacio determinado no genera molestia significativa a las personas. Depende de parámetros ambientales relacionados con el ruido; como el tono (graves o agudos), la velocidad del sonido y la intensidad del sonido (Simancas, 2003).

2.1.2 Arquitectura sostenible

La arquitectura sostenible está ligada al concepto de desarrollo sostenible, propuesto por las Naciones Unidas en el Informe Brundtland, en 1987; y donde se define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Kriebler (1999), citado por Rodríguez-Potes et al. (2018), define que la arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Reducir los gastos de los recursos empleados. Reducir la contaminación del suelo, el aire y el agua. Mejorar el confort interno y externo del edificio, preferentemente de manera pasiva. Ahorrar recursos económicos y financieros en el proceso constructivo. Reducir los desperdicios derivados del ciclo del inmueble (diseño, construcción, uso, mantenimiento y demolición). Mejorar la tecnología que provee servicios a los inmuebles (aparatos, máquinas, mecánica y eléctricas). (p.19)

Un diseño sostenible es aquel que está en armonía con el sitio, utiliza la energía, el agua y los materiales de manera eficiente y brinda comodidad y salud a sus ocupantes. Todo esto se logra gracias a un proceso de diseño consciente tomando en cuenta elementos como el clima y demás características del entorno donde se construye el edificio o vivienda.

El mundo actual, regido por temas como el desarrollo sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, con su Agenda 2030, exige que áreas como la arquitectura tengan presente criterios de sostenibilidad en sus proyectos. De manera concreta, la arquitectura se encuentra directamente relacionada con estos ODS: ODS 11 – comunidades y sociedades sostenibles, ODS 3 – salud y bienestar, ODS 6 – agua limpia y saneamiento, ODS 7 – energía asequible y no contaminante; y ODS 13 – acción por el clima. (PNUD, s.f.)

En este proyecto se hace especial énfasis en la construcción sostenible desde el punto de vista de uso eficiente del agua, teniendo en cuenta el contexto planteado en el apartado de identificación del problema.

2.1.2.1. Gestión del agua en edificaciones sostenibles. En el modelo tradicional de construcción, el agua que surte a una vivienda proviene casi totalmente del servicio de acueducto municipal, es decir, se trata de agua potabilizada. Sin tener en cuenta que las aguas residuales, subterráneas o lluvias pueden ser aprovechadas para mejorar la calidad de vida. En el espacio de la vivienda rural, al carecer de servicio de acueducto, son diversas las estrategias que los campesinos han tenido que implementar para hacerse con este servicio. La gestión del agua en edificaciones sostenibles está relacionada con componentes como las aguas lluvias, las aguas subterráneas y las aguas residuales grises.

Figura 8. *Captación de aguas lluvias*



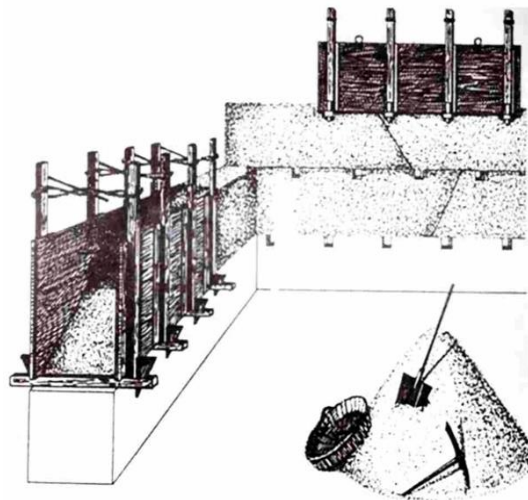
Tomado de Área metropolitana del valle de aburrá y universidad pontificia bolivariana (2015).

2.1.2.1.1. Captación de aguas lluvias. Se trata de una práctica de fácil implementación y que de manera genérica requiere una superficie de captación y un sistema de recolección y almacenamiento (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad Pontificia Bolivariana, 2015), como se muestra en la Figura 8. Este sistema es ancestral y se ha utilizado en diferentes culturas y épocas; y es una alternativa sensata para lugares donde no existe servicio de acueducto, como sucede en el sector rural.

2.1.3 Arquitectura vernácula: tapia pisada y bahareque

Por los antecedentes históricos del departamento de Santander, aún prevalecen allí las técnicas constructivas ancestrales, en especial la tapia pisada, el bahareque o el adobe. Estas técnicas son ancestrales y se encuentran en diversas partes del mundo, como por ejemplo Egipto, Mesopotamia, Italia, España y América. Y lo más representativo, es que tienen incorporados elementos de la arquitectura bioclimática a través de sistemas pasivos.

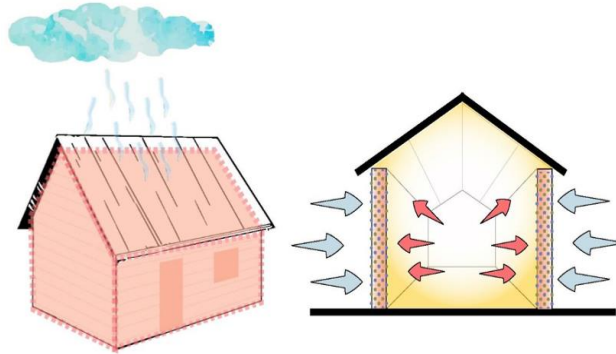
Figura 9. Construcción con tapia pisada



Tomado de Pérez (2020).

2.1.3.1. Tapia pisada. La tapia pisada llegó a Colombia con la Conquista española, los trazados en forma de reticular, con la plaza, la Iglesia y las edificaciones más representativas en el centro fueron una copia de las ciudades españolas, replicadas en América. Esta técnica se caracteriza porque se levanta sobre una cimentación de rocas y rellenos, se colocan los pisos sobre una base de ladrillo cocido; y posteriormente, se van levantando las gruesas paredes de 2X1 metros aproximadamente, mediante encofrados de madera donde se va depositando la tierra y compactando con un pisón (Figura 9) (Martín, 2016; Pérez, 2020; Rivera, 2017 y Silva et al., 2018).

Figura 10. *Aprovechamiento bioclimático de la vivienda en tapia pisada*



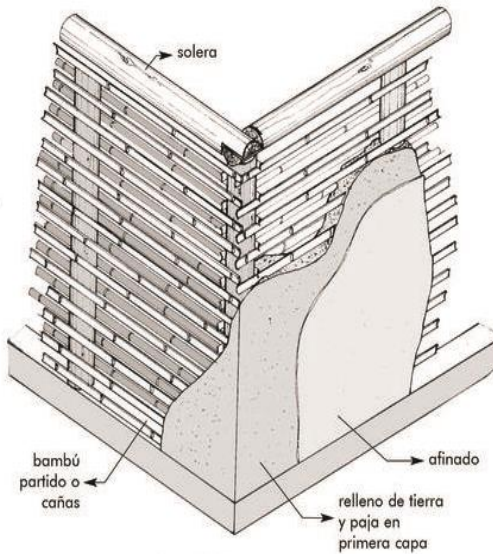
Tomado de Martín (2016).

Dentro de las estrategias de arquitectura pasiva, este tipo de construcción cuenta con gran inercia térmica, por la gran masa de sus muros y su forma rectangular. La ubicación que más le conviene, es su orientación de este a oeste porque esto le permite captar la mayor cantidad de luz en el día para reservar el calor en la noche (Figura 10).

2.1.3.2. Bahareque. El bahareque es una técnica utilizada por algunas comunidades indígenas latinoamericanas, como los Guane que habitaban el territorio donde hoy está ubicado el

municipio de Los Santos. En ella se forma una estructura vertical, a manera de malla, elaborada con troncos de árboles como caña de bambú, caña brava, carrizo o ramas. Posteriormente, se rellenan con barro y piedras y luego se recubre con cagajón de bestias (Figura 11) (Rivera, 2017).

Figura 11. *Construcción con bahareque*



Nota. Detalle de la estructura del muro. Tomado de ArchDaily, (2018).

Desde el punto de vista de la bioclimática, el bahareque aprovecha la resistencia y ductilidad de la madera utilizada en los entramados de los muros, por lo que los muros se pueden hacer más delgados, esto permite que sean más livianos y por lo tanto es más resistente a movimiento sísmicos (Martín, 2016).

2.2 Marco legal

En lo relacionado con el marco legal, se han tomado dos áreas temáticas de interés; por una parte, la reglamentación que en materia de construcción sostenible existe en el país, y por la otra, lo concerniente a la vivienda rural.

2.2.1 Reglamentación sobre construcción sostenible en Colombia

En materia de construcción sostenible, el país cuenta con una reglamentación abundante que establece criterios en diversos aspectos. A continuación, se referencian las principales y que se encuentran con vigencia en Colombia:

El Decreto 1285 de 2015 tiene como objeto establecer los lineamientos de construcción sostenible, modificando el Decreto 1077 de este mismo año. De este decreto se deriva la Resolución Reglamentaria 549 de 2015, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio donde se establecen los criterios para el ahorro de agua y energía en edificaciones, con carácter obligatorio en el territorio nacional. El país también cuenta con la Resolución 1257 de 2018 donde se determinan las características de los programas de uso eficiente y conservación de agua.

En materia de energía eléctrica se encuentra la Resolución 030 de 2018, de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. La Ley 1715 de 2014 que regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y la Resolución 0549 de 2015, por la cual se reglamentan los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

En lo concerniente a la construcción sostenible, el país cuenta con tres documentos CONPES relacionados: en primer lugar, el CONPES 3305 de 2004, donde se plantean los lineamientos para optimizar la política de desarrollo urbano y se plantea la necesidad de incorporar la sostenibilidad para reducir la degradación ambiental. En segundo lugar, el CONPES 3934 de 2018 o política de crecimiento verde, busca impulsar la productividad y competitividad del país de cara al 2030. Y finalmente, el CONPES 3919 de 2018 donde se establece la Política Nacional

de Edificaciones Sostenibles y que tiene como objetivo principal, impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y etapas dentro del ciclo de vida de las edificaciones.

En este contexto, existe la la Norma Técnica Colombiana NTC-6112 de 2016 “Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano - SAC” donde se establecen los criterios ambientales para el diseño y construcción de edificación sostenibles para uso diferente a vivienda; su aplicabilidad es voluntaria. Este sello busca, entre otras cosas, hacer uso eficiente en materia prima e insumos, utilizar procesos de producción con el menor uso de energía posible y con fuentes de energía renovables, considerar aspectos de reciclaje, reutilización y biodegradabilidad.

Así mismo, el país cuenta con nueva ley de vivienda, a través de la Ley 2079 de 2021, donde se reconoce la política pública de hábitat y vivienda como una política de Estado, complementaria al marco normativo existente relacionado con la política habitacional urbana y rural del país.

Otras leyes relacionadas son, la Ley 2169 de 2021 o Ley de Acción Climática que busca impulsar el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática. Y la Ley 2099 de 2021, Ley de Transición Energética que establece las disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país.

2.2.2 Reglamentación sobre vivienda rural en Colombia

Colombia cuenta con política pública de vivienda rural desde el año 2020, mediante el Decreto 1341 y las resoluciones 536 del 19 de octubre de 2020 y 410 del 2 de agosto de 2021. El principal objetivo de la política es disminuir el déficit cualitativo y cuantitativo rural en Colombia,

para reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida de los hogares rurales por medio de soluciones de vivienda digna.

De acuerdo con los datos del Viceministerio de Vivienda (s.f.), en el país existen 2,3 millones de hogares rurales con déficit de vivienda. En el sector rural las necesidades básicas insatisfechas de la población rural son tres veces más altas que la urbana (30,2% sector rural, 9,4% sector urbano).

La Ley 2079 de 2021 sentó las nuevas disposiciones en materia de vivienda y hábitat. De forma específica, el Título II se ocupa de elementos como las acciones de promoción, de la política pública y de las formas de financiación de este tipo de vivienda.

2.2.3 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

De otra parte, Colombia tiene su norma de construcción sismo resistente, en su segunda versión, mediante el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Dicha norma establece los requisitos mínimos para garantizar que se cumpla el fin de salvaguardar las vidas humanas ante un sismo fuerte. En este sentido, la protección de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de las normas, puesto que, al defender la vida, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida.

Sin embargo, se resalta la utilización del concreto reforzado, del cual se habla en el título c, llamado concreto estructural. Sobre todo, tiene el alcance de proporcionar los requisitos mínimos para el diseño y construcción de elementos estructurales de hormigón de cualquier estructura construida de acuerdo con los requisitos de la Parte C de la NSR-10. Tomado de: Título c concreto estructural, (2010, p.2).

2.3 Referentes tipológicos

Para los referentes tipológicos se realizó una búsqueda y análisis de viviendas bioclimáticas, ubicadas en climas templados y fríos similares al territorio de estudio. Por lo tanto, se escogieron edificaciones en ámbito nacional e internacional como referencia en el estudio de espacios arquitectónicos, usos, funciones, dimensiones, materiales, formas, métodos constructivos los cuales contribuyen a comprender sus características.

2.3.1 Internacionales

2.3.1.1. Casa Lasso. Esta vivienda está ubicada en la provincia de Cotopaxi – Ecuador, en la zona de Lasso. Se trata de una casa familiar con fines de descanso. En la Tabla 2 se describen las características generales de este prototipo.

Tabla 2. *Datos generales Casa Lasso*

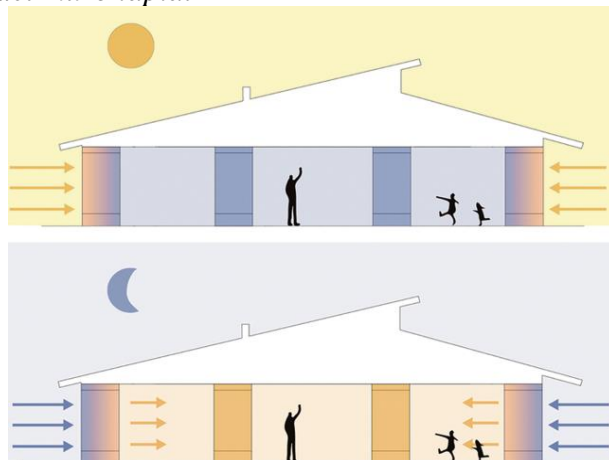
Datos generales	
Ubicación	Cotopaxi, Ecuador
Superficie	350 m ² aprox.
Arquitectos	Rama Estudio
Año	2019
Clima	Templado Subhúmedo

La propuesta incluye arquitectura pasiva con materiales locales o de zonas aledañas, así como mano de obra local (Figura 12). La cubierta se sostiene por elementos monolíticos de tierra y cinco muros de carga que protegen la vivienda de los vientos y mejoran la temperatura interna (Figura 12).

Figura 12. *Fachada frontal*

Tomado de ArchDaily, (2019).

De este referente se destaca el material utilizado en sus paredes, en este caso tapia pisada; como se evidencia en este proyecto, construir con tierra puede ayudar a generar ganancias de calor, dando como resultado un buen clima al interior de la vivienda. También, para contrarrestar la humedad durante el día, se han utilizado vanos en la parte superior de las paredes para generar ventilación dentro de la edificación.

Figura 13. *Inercia térmica del muro tapial*

Tomado de ArchDaily, (2019).

2.3.1.2. Yantaló Volunteer House. El siguiente referente internacional se trata de una casa comunitaria para voluntarios en Yantaló, Perú. En la Tabla 3 se encuentran las características generales de la misma.

Tabla 3. *Datos generales casa para voluntarios de Yantaló*

Datos generales	
Ubicación	Yantaló, Perú
Superficie	90 m ² aprox.
Arquitectos	Organización Internacional de Voluntarios Yantaló
Año	2014
Clima	Templado Subhúmedo

Tomado de Franco (2014).

Esta casa comunitaria centra su diseño en una cubierta tipo "mariposa", que recolecta la abundante agua de lluvia de la zona y que incluso puede ser adaptada a viviendas ya existentes (Figura 14).

Un aspecto clave de la Casa Yantaló es la sostenibilidad, evidenciado en la forma como se aprovechan los recursos naturales incluyendo el sol (latitud alrededor de 06°), agua (1397 mm de lluvia al año ~ promedio 117 mm al mes), clima templado (ventilación abierta) y materiales locales, incluyendo concreto, productos manufacturados y mano de obra local.

Figura 14. *Fachada principal*



Tomado de Franco (2014).

El punto central del diseño sostenible de la casa es la recolección de agua de lluvia a través de su cubierta. Con este sistema se pueden recolectar cerca de 7,500 litros de agua al mes. El techo se apoya sobre las tres vigas principales de la casa; adicionalmente, ofrece sombra para reducir la ganancia de calor solar en el primer nivel (Figura 15 y Figura 16).

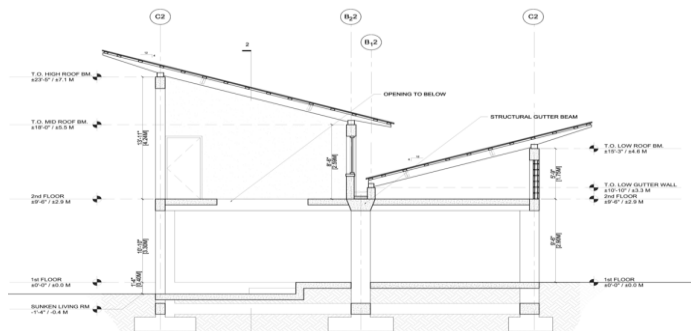
Figura 15. *Detalle del sistema de recolección de agua*



Tomado de Franco (2014).

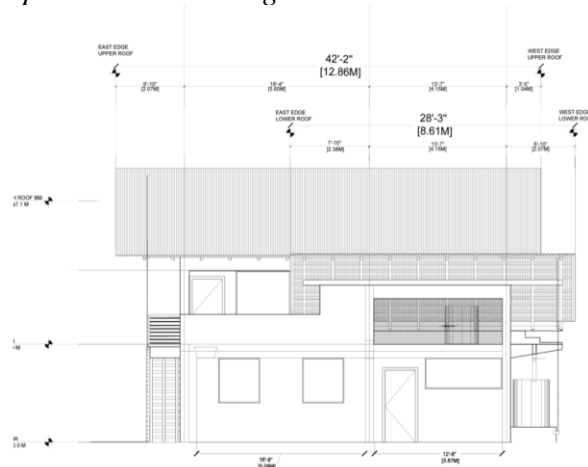
El diseño permite el re-empleo de la tradición local de un techo empinado (abandonada por el predominio de casas modernas de concreto) para ayudar a la escorrentía del agua de la lluvia, así como para mejorar el flujo del aire. La configuración de la mariposa de división crea un segundo nivel de cubierta para empujar el flujo de aire, refrigerando su interior.

Figura 16. *Vista lateral*



Tomado de Franco (2014).

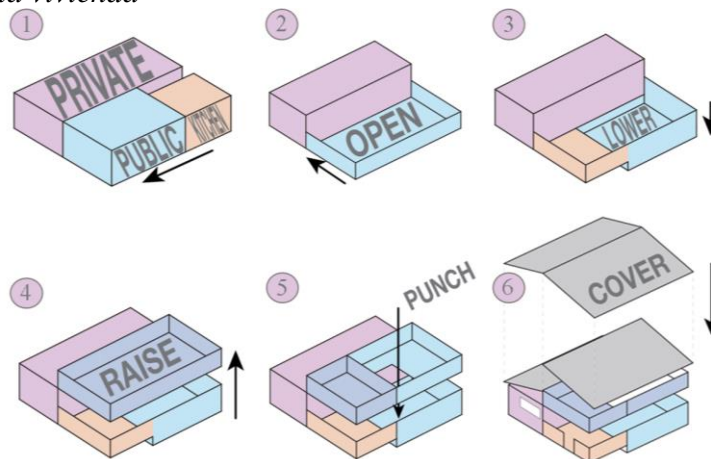
Figura 17. Ubicación del tanque recolector de agua



Tomado de Franco (2014).

Sobre esta tipología podemos tomar el sistema de recolección de agua; por otro lado, al ser una vivienda rural se distribuyen los espacios dándole importancia a la cocina, siendo el lugar que más se utiliza y centro de reunión, también el almacenaje que necesitan los agricultores para preservar y cuidar sus diferentes herramientas y artículos para cultivar.

Figura 18. Montaje de la vivienda



Tomado de Franco (2014).

2.3.2 Nacional

2.3.2.1. Prototipo de vivienda rural sostenible y productiva en Colombia. Esta propuesta surgió luego de un concurso lanzado por la Sociedad Colombiana de Arquitectos para plantear soluciones tecnológicas y especiales que propiciaran formas de productividad y crecimiento viable, a la vez, que tuvieran en cuenta criterios de sostenibilidad para la eficiencia y confort de los espacios (Figura 19).

Figura 19. *Perspectiva vivienda rural*



Tomado de Archdaily Colombia (2019).

Tabla 4. *Datos generales vivienda rural Colombia*

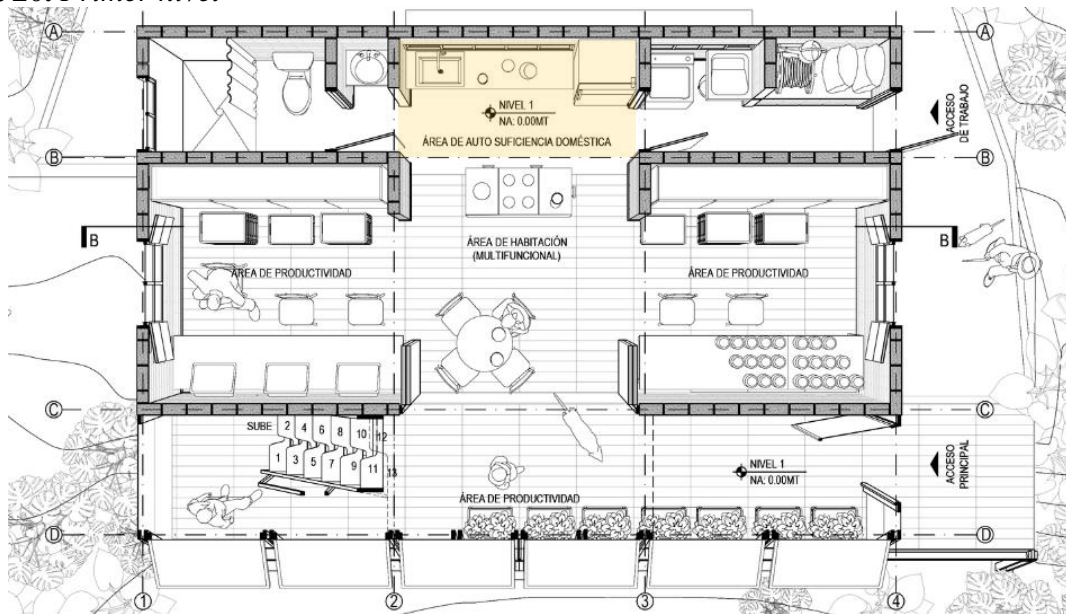
Datos generales	
Ubicación	Bogotá, Colombia
Superficie	64.8 m ²
Arquitectos	FP Arquitectura
Año	2019
Clima	Frío Semihúmedo

Tomado de Franco (2014).

Esta propuesta alberga un núcleo básico con dos habitaciones, servicios (baño, cocina, lavado, almacenamiento) y área productiva; sin embargo, la cocina es el centro de la vida familiar

rural. La estufa marca el ritmo de las actividades domésticas en el día, mientras que en la noche actúa como un radiador central que permite ganancias de calor (Figura 20). Los puntos húmedos (baño y lavado) se localizan en la esquina suroccidental y suroriental para alejarlas del centro calórico de la unidad. En la noche, estas zonas pueden cerrarse para bloquear el ingreso de viento y humedad hacia el interior.

Figura 20. Primer nivel



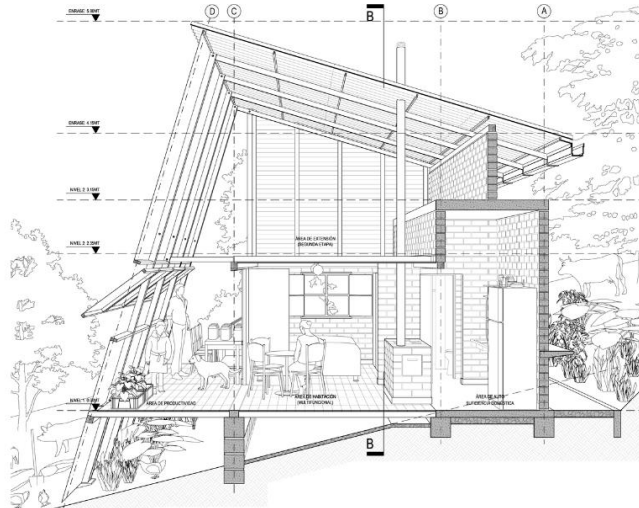
Tomado de Archdaily Colombia (2019).

A nivel interno, la unidad habitacional se concibe bajo dos premisas: resguardar el área de habitación contra las temperaturas bajas en la noche, y poner el área productiva frente al paisaje andino de montaña en directa relación con el territorio, zona que involucra actividades de unidad familiar en el día. El espacio productivo y el corazón de la casa pueden integrarse en un único espacio donde suceden las actividades cotidianas.

La fachada norte es la que menos sol recibe en el año y se cierra con muros de BTC, material de gran capacidad de inercia térmica, que se convierte en una barrera aislante, muy cerrada

que retiene el calor obtenido en el interior. La apropiación tecnológica favorece la sostenibilidad social y económica del proyecto.

Figura 21. *Corte transversal*



Tomado de Archdaily Colombia (2019).

Sobre esta tipología se pueden tomar varios elementos base como la utilización de materiales térmicos, la escogencia de específicamente donde se instalan ciertos espacios para generar calor, en este caso la cocina juega el papel más importante de contribuir al calor térmico interior. Además, la fachada tipo invernadero permite brindar la temperatura necesaria para los usuarios con el correcto uso del sol y los vientos.

3. Método

3.1 Metodología

La metodología del trabajo es de corte mixto porque combina elementos cualitativos y cuantitativos para abordar el problema de investigación (Hernández et al., 2014), analizando

elementos físicos y sociales relacionados con el hábitat, de manera que se pueda elaborar una propuesta de diseño acorde con las necesidades del territorio y sus habitantes.

Se tomaron en cuenta los referentes metodológicos propuestos en los proyectos de Fuentes (2000) y Romero y Estupiñán (2022) pertinentes para proyectos basados en arquitectura bioclimática, y que, a su vez toman en cuenta postulados de autores como Olgyay, Givoni, Szokolay y Yeang. Las fases del proyecto se encuentran alineadas con los objetivos específicos y cada una tiene sus correspondientes técnicas e instrumentos de recolección de la información, como se explica a continuación.

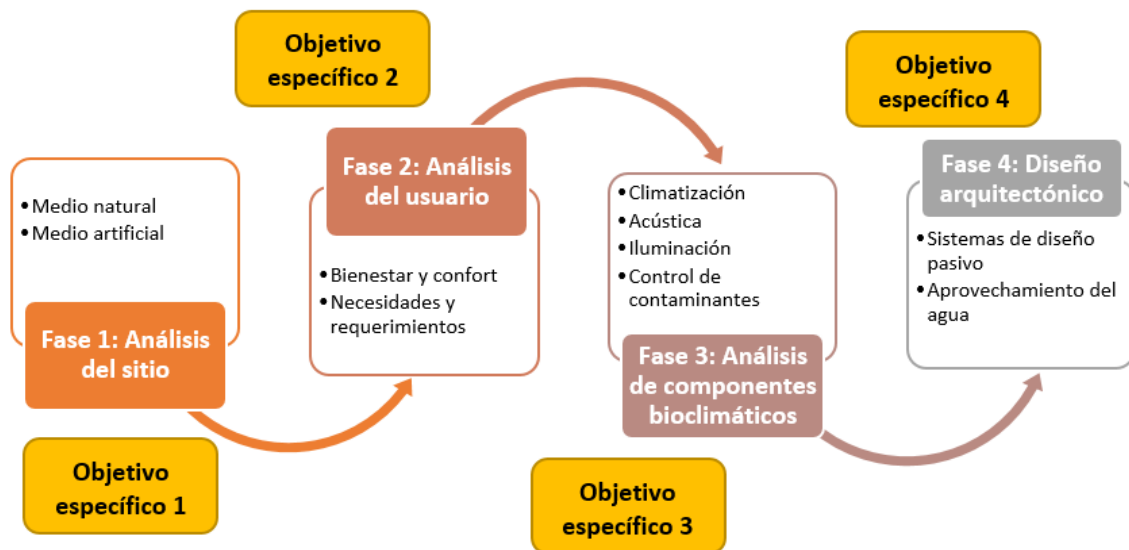
3.2 Proceso metodológico

El proceso metodológico de este proyecto incluye las siguientes cuatro fases: 1) análisis del sitio; 2) análisis del usuario; 3) análisis de componentes bioclimáticos; y 4) diseño arquitectónico (Figura 22).

En la primera fase se analizan las variables ambientales, tanto del medio natural como artificial donde se propone desarrollar el proyecto. En cuanto al medio natural se han tenido en cuenta dos determinantes con sus respectivas variables: determinantes físicas (topografía, hidrografía, vegetación); y la climatología, que incluye variables como la orientación y el soleamiento, el brillo solar, las precipitaciones, la humedad, temperatura o la dirección del viento. En cuanto al medio artificial, se incluyen aspectos como la caracterización del sector, el uso de los suelos, las vías y el acceso vehicular; también se tienen en cuenta antecedentes arquitectónicos tanto en vivienda urbana como rural. Para la toma de datos se han tenido en cuenta documentos como el Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT (2003), datos del Ideam, bases de datos de

Cenicafé. Además, se desarrollan actividades de trabajo de campo, mediante la observación, sobre todo para revisar los referentes arquitectónicos.

Figura 22. *Proceso metodológico*



La segunda fase se centra en el análisis del usuario donde se incluyen variables como la población, el hábitat y aspectos socioculturales de su población. Para su realización se tuvieron en cuenta documentos como el EOT, el Censo Nacional de Población y Vivienda del DANE. La fase 3 está relacionada con el análisis de componentes bioclimáticos para definir aquellos que son más pertinentes para este caso de estudio; para ello se tendrán en cuenta los elementos investigados y que se encuentran en el marco conceptual. Adicionalmente, se ha utilizado la herramienta *Climate Consultant*, un software desarrollado por la Universidad de California que crea una tabla de *Givonni*.

Finalmente, la cuarta fase comprende el diseño arquitectónico a partir de los elementos bioclimáticos y que se encuentra en el Anexo 1.

4. Resultados

4.1 Fase 1: Análisis del sitio y el entorno

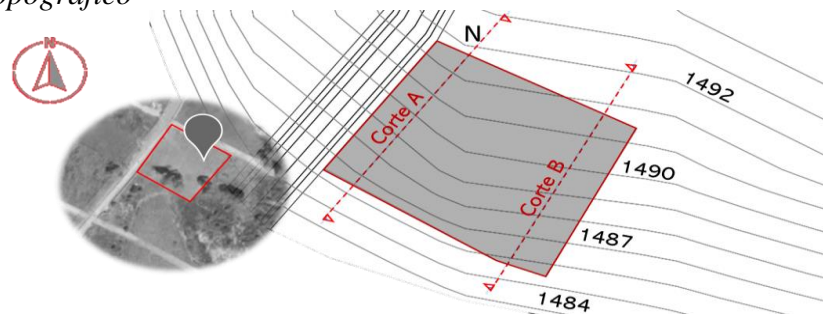
Para realizar el análisis del sitio y su entorno se tuvieron en cuenta dos categorías: el medio natural y el artificial, las cuales se describen a continuación:

4.1.1 Medio natural

Como se mencionó en el capítulo anterior, en cuanto al análisis del medio natural se han tomado dos determinantes, con sus respectivas variables. Las determinantes físicas y la climatología.

4.1.1.1. Determinantes físicas.

Figura 23. Plano topográfico



Adaptado de Google Maps (2022).

4.1.1.1.1. Topografía. La topografía del terreno asciende un metro por nivel, por lo tanto, la inclinación tiene un porcentaje del 18%. Asimismo, sobre este se encuentran 6 cotas que atraviesan el lote. Geográficamente se encuentra en la latitud $6^{\circ} 46'N$ y longitud $73^{\circ}6'W$ con respecto al meridiano de Greenwich (Figura 23). Es una tierra en gran parte desolada y rocosa,

severamente erosionada, especialmente en los acantilados y laderas de los cañones. Se encuentra sobre coordenadas: 6°46'18,7952" N y 73° 6'16,6650" O. El área total del lote es de 1,522 m² (Figuras 23, 24 y 25).

Figura 24. Corte A

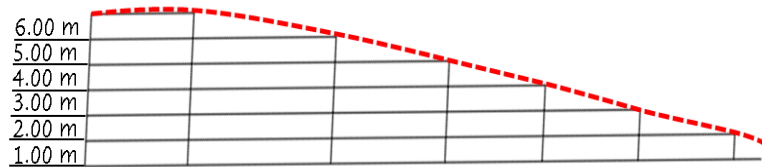
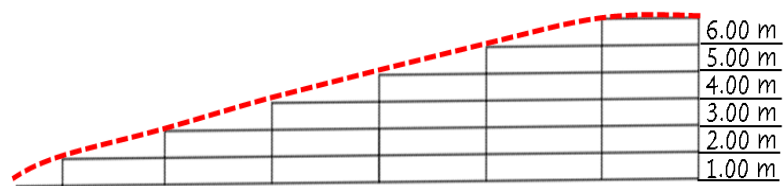


Figura 25. Corte B



4.1.1.1.2. Hidrografía. Alrededor de Los Santos se encuentran 3 importantes ríos: el Chicamocha, el Sogamoso, y el río Suárez (Figura 26).

Figura 26. Hidrografía relevante



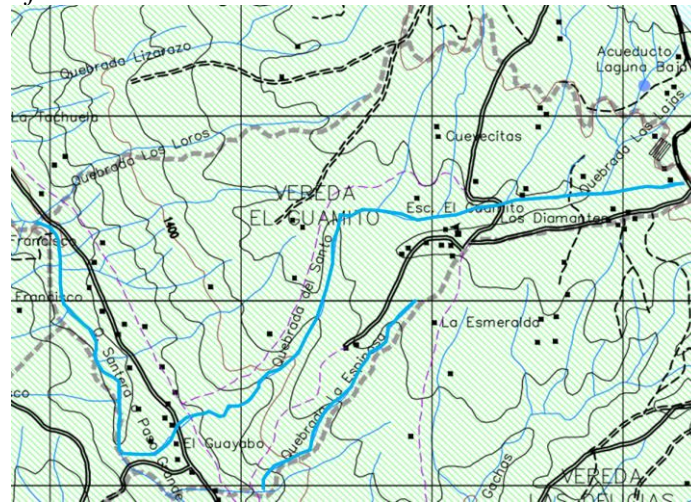
Asimismo, encontramos fuentes hídricas secundarias las cuales se ubican alrededor del municipio de Los Santos, como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. *Sistema hídrico de Los Santos*

Sistema hídrico primario	
Rio Chicamocha	Quebrada Santera o Grande
Rio Sogamoso	Quebrada Chivatera
Quebrada La Honda	Zanjón Aguas Gordas
Quebrada Los Angelino	Quebrada Chinvega
Quebrada del Potrero	Quebrada La Mojarra
Sistema hídrico secundario y terciario	
Quebrada La Cañada	Quebrada Zanja Honda
Quebrada Los Pozos	Quebrada La Macanilla
Quebrada La Arenosa	Quebrada El Tachuelo
Quebrada El Pantano	Quebrada La Custodia
Quebrada Los Ojitos	Quebrada El Chulo
Quebrada La Orqueta	Quebrada Los Magueyes
Quebrada Las Canoitas	Quebrada El Cache
Quebrada La Lajita	Quebrada El Potrero
Quebrada del Medio	Quebrada El Sumidero
Quebrada Seca	Quebrada La Pilonera
Quebrada La Carbonera	Quebrada Don Juaco
Quebrada Grande	Quebrada La Palmita o El Hoyo
Quebrada La Laja	Quebrada El Coco
Quebrada Piedra de Rayo	Quebrada La Hacienda
Quebrada La Totumera	Quebrada El Moral
Quebrada La Carbonera	Quebrada del Cobra
Quebrada del Tigre	Quebrada El Pozo
Zanjón Totumal	Quebrada del Santo
Quebrada Chiquita	Quebrada Las Lajas
Quebrada Lizarazo	Quebrada Las Gachas
Quebrada Los Loros	Quebrada Pozo Azul
Quebrada La Espinoza	

Tomado de EOT de los Santos, (2003, p.37).

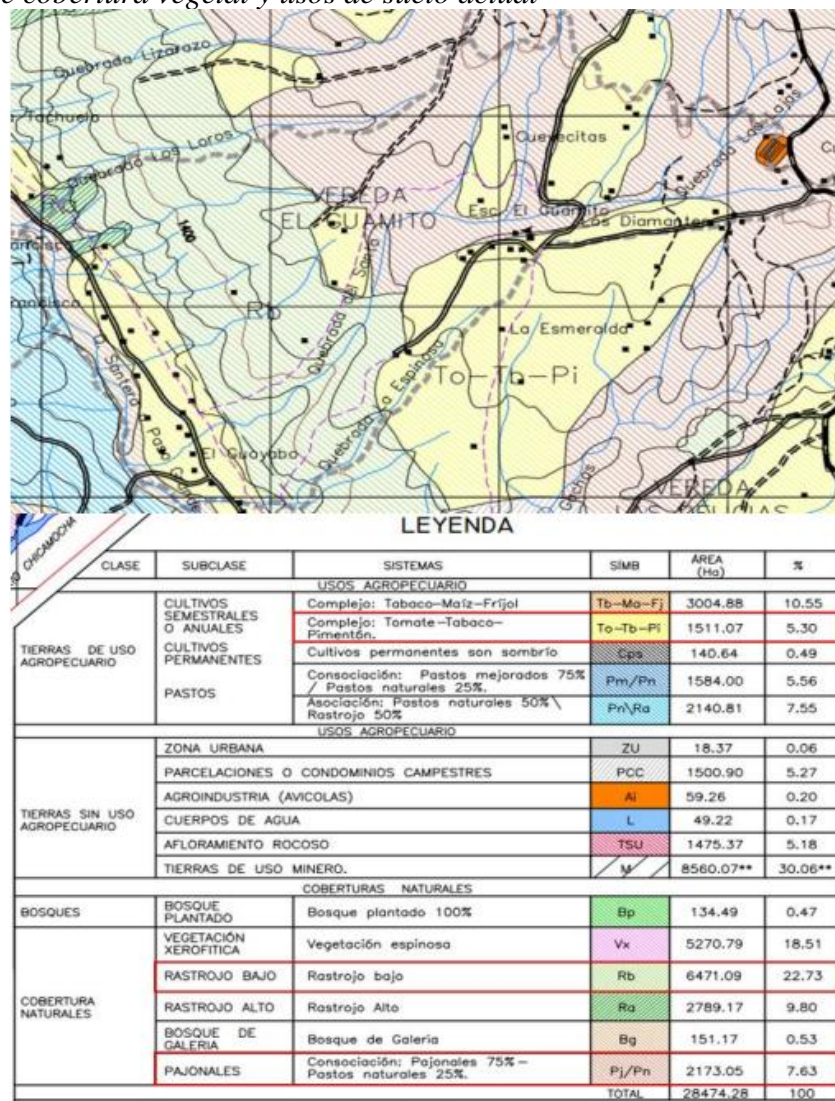
En lo que respecta al sector El Guamito, antiguamente contaba con fuentes hídricas que se fueron secando como consecuencia de la contaminación y el cambio climático. En la Figura 27 se muestran las quebradas que hacen parte de este territorio, todas pertenecientes a la cuenca del río Sogamoso; dentro de ellas se pueden observar la quebrada del Santo, la quebrada La Espinosa y, la quebrada Las lajas.

Figura 27. Mapa hidrográfico

Adaptado de E.O.T. de los Santos, (2003).

4.1.1.1.3. Vegetación. Según información entregada por la oficina de Planeación de la Alcaldía de Los Santos, la cobertura y uso actual de la tierra del Guamito se encuentra ocupado por uso agropecuario con cultivos de tomate, tabaco y pimentón; y coberturas vegetales tales como, rastrojo bajo y pajonales. En la Figura 28 se describe con mayor detalle la constitución de la vegetación de la zona.

Figura 28. Mapa de cobertura vegetal y usos de suelo actual






Adaptado de E.O.T. de Los Santos, (2003).

Sobre todo, la vegetación de los alrededores de Los Santos se caracteriza por tener formaciones xerofíticas y subxerofíticas con árboles pequeños, arbustos achaparrados de hojas persistentes, coriáceas y rígidas (Ulloa-Delgado, 2016). Estas formaciones en Colombia suelen encontrarse localizadas en las tierras bajas por debajo de los 1000 m (la zona seca del Caribe y los valles secos interandinos) y en las tierras altas entre los 2400 y 2900 m, en los enclaves secos alto andinos (Albesiano y Fernández, 2006 p.24).


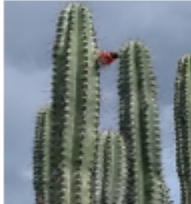


En la figura 29 y, figura 30 se muestran algunas de las especies vegetales más representativas.

Figura 29. Parte 1 vegetación de los santos

Nombre	Familia	Origen	Descripción	Usos	Hoja	Medidas	Imagen
Gallinero <u>Pithecelobium dulce</u>	<u>Fabaceae</u>	América tropical	Este árbol tiene flores de color verde claro o amarillentas.	Alimentación natural, restauración ecológica, sombra, cortavientos, cerca viva.	Perenne	Altura máx 18m	 Tomado: <u>catalogofloravalleaburra</u> , (2022).
Cuji <u>(Pithecelobium dulce)</u>	<u>Fabaceae</u>	América central y del Sur	El propósito del árbol es mejorar la fertilidad del suelo, controlar la erosión y fijar nitrógeno.	Ofrece sombra, refugio y alimento a la fauna silvestre y a los animales domésticos.	Compuesta por 12 a 16 pares de folíolos por hoja	Altura máx 20m	 Tomado: <u>Consultin</u> Gin inmobiliaria, (2022).
Uvo <u>(Ficus soatensis)</u>	<u>Moraceae</u>	América del Sur	Se trata de un árbol de porte considerable, su corteza es gris, sus hojas son rígidas de color verde oscuro.	Barrera física, contra ruido y viento.		Altura máx 20m	 Tomado: <u>Catálogo arboles urbanos</u> , (2022).

Nota. Vegetación predominante de Los Santos, Santander. Adaptado de CDMB (2009).

Figura 30. Parte 2 vegetación de los santos

Nombre	Familia	Origen	Descripción	Usos	Hoja	Medidas	Imagen
Hayuelo (Dodonaea viscosa)	<u>Sapindaceae</u>	América del Sur	Ancho promedio 7 cm x 2.5 cm de ancho, liso, elíptico lanceolado, margen completo; correoso	Crece en suelo bajo, ácido, resistente a la sequía.	<u>Semicaducifolia</u>	Altura máx 7.00m	
Cactáceas (Stenocereus griseus)	<u>Cactaceae</u>	América del Sur	Es un cactus puntiagudo y muy ramificado con forma de árbol o arbusto con un tronco corto.	A menudo se plantan en casas y jardines y se cultivan en el campo.		Altura máx 10m	
Canelones (Melocactus amoens)	<u>Cactaceae</u>	América del Sur	Crecen lentamente y son difíciles de cultivar.	Decoración	Perenne	Altura máx 1.00m	
Brasil (Haematoxylon brasiletto)	<u>Fabaceae</u>	América del Sur	Es una especie común que se encuentra en los bosques secos.	Leña y propiedades medicinales.	Hojas compuestas	Altura máx 12m	

Tomado: As Villa luz (2022).

Tomado: Inaturalist (2020).

Tomado: Aus. desert blooms. (2022).

Tomado: Facebook, (2018).

Nota. Vegetación predominante de Los Santos, Santander. Adaptado de CDMB (2009).

Ahora bien, el lote que se tomó como referencia para la propuesta de diseño actualmente es utilizado para temas de ganadería. En lo que tiene que ver con vegetación, contiene algunos árboles de pino (Figura 31) o *Araucaria Heterophylla* (Salisb).

Figura 31. *Pino o araucaria*



Tomado de Rojas A (2017).

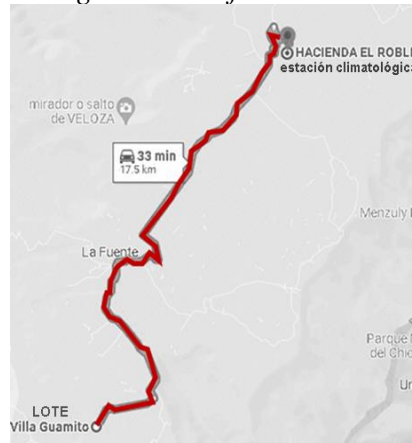
4.1.1.2. Climatología. Para el análisis de la climatología se tomaron dos fuentes de datos, el Centro Nacional de Investigaciones del Café, Cenicafé y el Ideam.

En primer lugar, Cenicafé estudia aspectos de la producción agrícola, la cosecha, el rendimiento, la calidad del grano, el manejo y uso de los derivados del café y la conservación de los recursos naturales en la zona cafetera colombiana.

En este caso se tomó en cuenta la estación 0000742-El Roble-Santander-Los Santos. Este nombre hace referencia a Hacienda El Roble, que produce uno de los mejores cafés orgánicos de Colombia, marca “Café Mesa de los Santos”. La estación se encuentra a 17.5 kilómetros de distancia del lote en la vereda “El Guamito”. Asimismo, la estación meteorológica se ubica a 1.600 m.s.n.m. a diferencia, de la localización del predio del proyecto que está a 1.400 m.s.n.m. (Centro

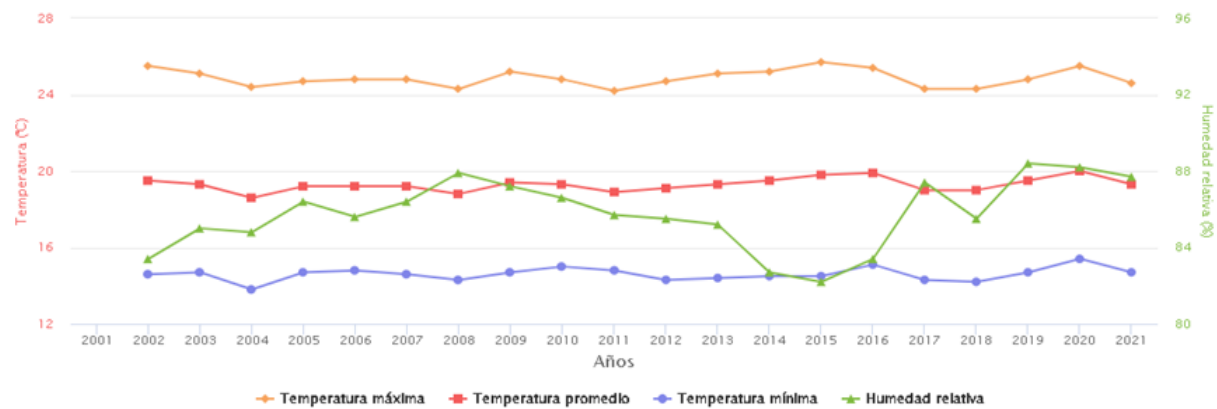
Nacional de Investigaciones de Café, 2022) Dando como respuesta una buena fuente climatológica gracias a la cercanía de los puntos de referencia (Figura 32).

Figura 32. *Ubicación estación meteorológica Cenicafe*



Tomado de Google Maps (2022).

Otro aspecto relevante de esta estación es que, contiene datos históricos de hace más de 10 años. En la Figura 31 se muestra la variación de temperatura y humedad relativa entre el año 2001 y 2021. La estación entrega cada año, un boletín detallado de valores climáticos como la temperatura mínima media, temperatura máxima media, temperatura media, temperatura máxima absoluta, temperatura mínima absoluta, humedad relativa, total de precipitaciones en mm, días de lluvia, y brillo solar.

Figura 33. *Histórico de datos estación Cenicafé*

Tomado de Cenicafé (2022).

Al analizar la información, se encuentra que las temperaturas: máxima, promedio y mínima se han mantenido estables durante los últimos 21 años. Por otra parte, la humedad relativa dentro de la vivienda se encuentra en un 80%, valor que está por encima de lo recomendado, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, cuyo valor normal debe oscilar entre 30% y 50% (Endesa, 2017).

En cuanto a la segunda fuente de información, se trata de la estación del Ideam denominada La Mesa, de tipo pluviométrica, identificada con el código 24060050; ubicada en una longitud de -73,09, una latitud de 6,76 y una altitud de 1460 m.s.n.m; instalada desde 1973 (Ideam, s.f.).

Esta estación se encuentra a 3.5 kilómetros del lote del proyecto, por lo tanto, puede tomarse como punto de referencia, sobre todo porque se encuentran sobre los mismos m.s.n.m. (Figura 34).

Figura 34. Ubicación estación meteorológica Ideam

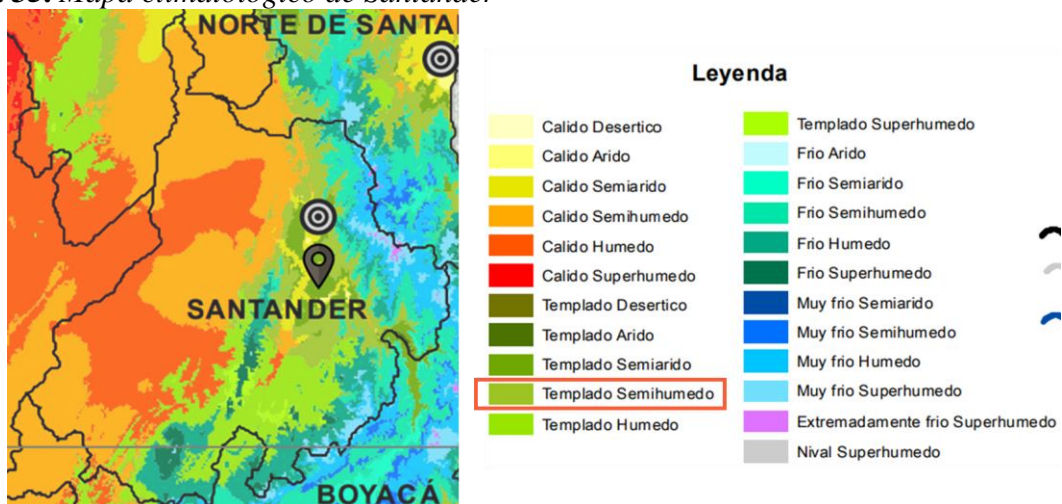


Tomado de Google Maps (2022).

Asimismo, en la plataforma del Ideam se encuentra un atlas climatológico en el que se encuentran un conjunto de gráficos y mapas cartográficos con los indicadores del clima en el país, tales como tipo de clima, precipitación, temperaturas, vientos, humedad, radiación solar, entre otros.

En este caso, se revisó el mapa climatológico de Santander, donde se describe que el clima en Los Santos, Santander es templado semihúmedo, según clasificación de Caldas Lang.

Figura 35. Mapa climatológico de Santander



Adaptado de Atlas climatológico de Colombia (2022).

Por consiguiente, es uno de los más utilizados en el país por su sencillez y practicidad, además de describir adecuadamente la humedad y temperaturas importantes de un lugar determinado (Atlas Ideam, s.f.).

Cada tipo de clima se nombra con dos palabras: la primera describe sus características térmicas y la segunda describe la humedad promedio. Lo que quiere decir que en términos térmicos el clima es templado y su humedad es semihúmeda, siendo bastante alta durante todo el año. (Atlas Ideam, s.f.)

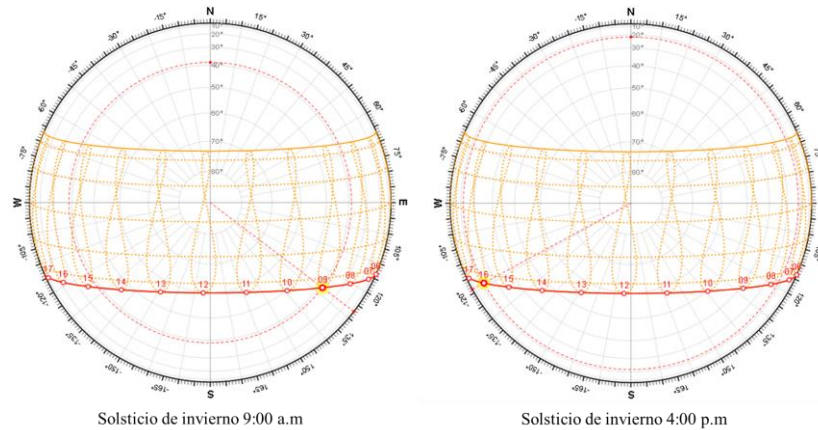
También, se encontró información clasificando el tipo de clima según los m.s.n.m. que se localice un terreno o edificación, en este caso nos encontramos a 1.400 m.s.n.m, por consiguiente, el terreno se encuentra identificado con clima templado, entre los 1000 y 2000 m.s.n.m.

Piso térmico templado. En Colombia existen diferentes pisos térmicos, en este caso nos encontramos entre los 1.400 m.s.n.m. Se encuentran en las partes bajas de las montañas. Su temperatura promedio oscila entre 17°C y 24 °C. Esto incluye áreas entre 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, es decir, en las regiones bajas de las montañas. (Toda Colombia, 2010).

4.1.1.2.1. Orientación y Soleamiento. El proyecto se encuentra sobre el hemisferio norte, en la zona intertropical de la tierra, hace referencia a una franja geográfica imaginaria alrededor del planeta limitada por el Trópico de Cáncer al norte y el Trópico de Capricornio al sur. Su centro es el Ecuador; por lo tanto, cubre toda la región tropical. Se caracteriza por recibir mucha radiación solar y tener una pequeña fluctuación anual de temperatura. La duración del día y la noche es relativamente uniforme durante todo el año, con lluvias y sequías extremas. (Vargas Ulate, 2006).

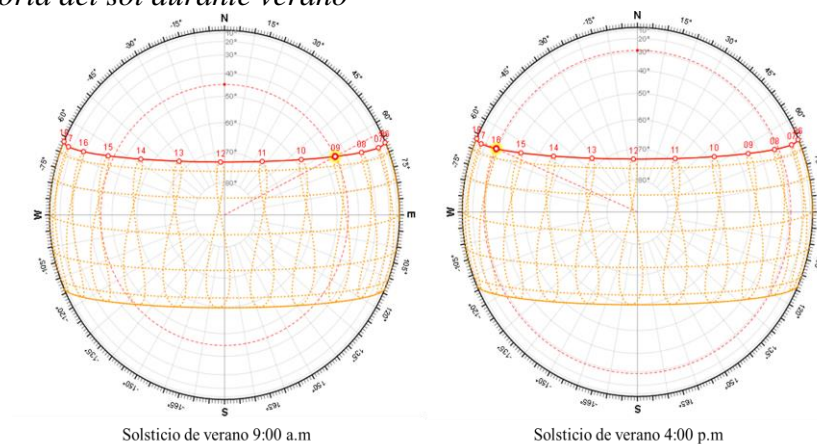
Figura 36. *Orientación y soleamiento*

Adaptado de: Google Maps (2022).

Figura 37. *Trayectoria del sol durante invierno*

Tomado de Andrew marsh (2022).

La propagación de la radiación solar sobre el planeta está determinada por dos factores: el grado de inclinación de la Tierra con respecto a su eje y el movimiento alrededor del Sol. Gracias a eso, hay una fluctuación regular en el ángulo de incidencia de la radiación solar (Universitat de Barcelona, s.f.). El 21 de diciembre los rayos del sol inciden en el Trópico de Capricornio y el 21 de junio en el Trópico de Cáncer (Fundacion Aquae, 2021).

Figura 38. Trayectoria del sol durante verano

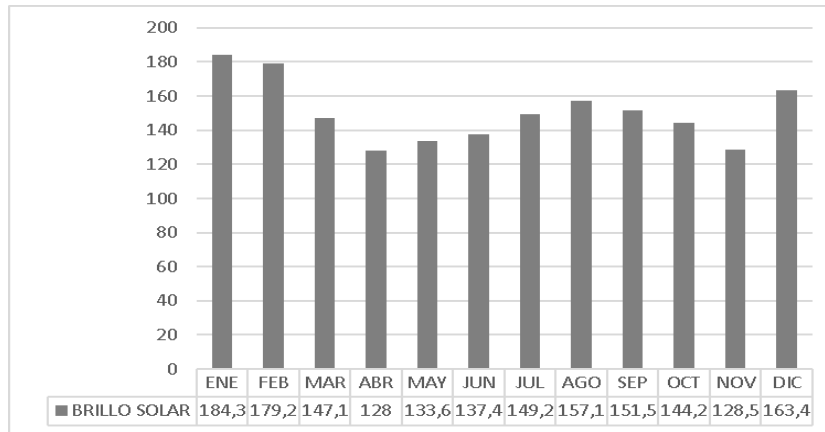
Tomado de Andrew marsh (2022).

De esta manera el soleamiento en época de invierno se encuentra inclinado hacia el norte, con un azimut $63,41^\circ$ y una altitud de $45,01^\circ$. Asimismo, el soleamiento en época de verano se encuentra inclinado hacia el sur, con un azimut de $125,34^\circ$ y una altitud de $43,02^\circ$.

4.1.1.2.2. Brillo solar. La zona de estudio tiene un promedio de 147 horas de sol al año, los meses más nublados son abril, noviembre, mayo y junio, cuando hay un promedio de 130 horas de sol al mes. Los meses más despejados son de diciembre a febrero con más de 160 horas mensuales (Figura 39).

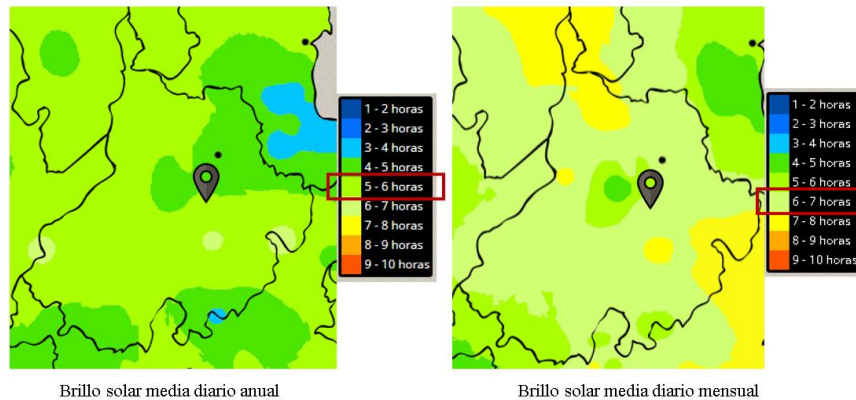
Según el atlas climatológico del Ideam (s.f.) podemos encontrar que la media anual de brillo solar es de 5 a 6 horas diarias mientras que, media mensual está entre 6 a 7 horas diarias de brillo solar dando como conclusión que se debe proteger la vivienda en las horas más críticas del día (Figura 40).

Figura 39. Brillo solar



Adaptado de Cenicafe (2022).

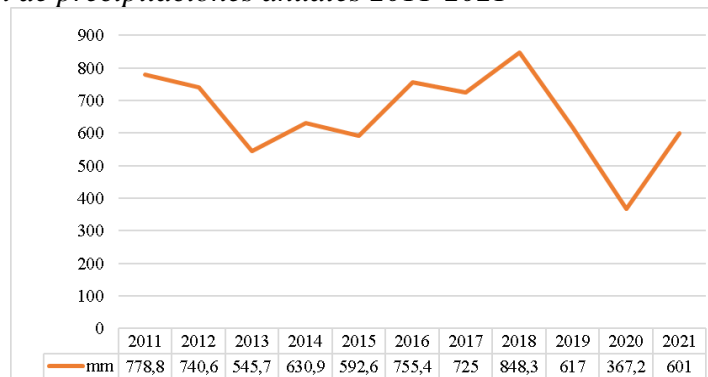
Figura 40. Brillo solar anual y mensual



Adaptado del atlas ideam, (2022).

4.1.1.2.3 Precipitación. Las precipitaciones nos muestran una aproximación promedio de la lluvia en la vereda, por consiguiente, se debe tener en cuenta esta variable para la recolección de aguas lluvias. Además, se mide en milímetros de agua (mm) con un rango de 2011 al 2021. Estos datos pluviométricos fueron tomados del Ideam.

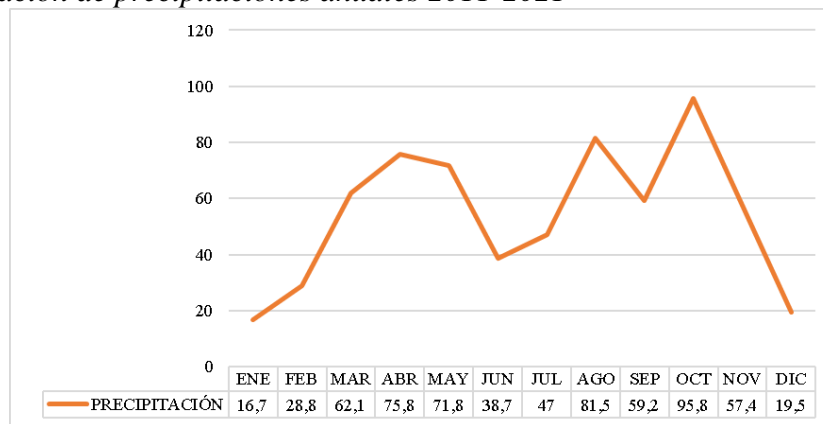
Figura 41. *Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021*



Adaptado del ideam, (s.f.).

Durante los últimos diez últimos años se evidencia que durante el 2020 y 2013 se presentaron menores precipitaciones, pero, sobre todo durante el 2020 bajaron considerablemente las lluvias.

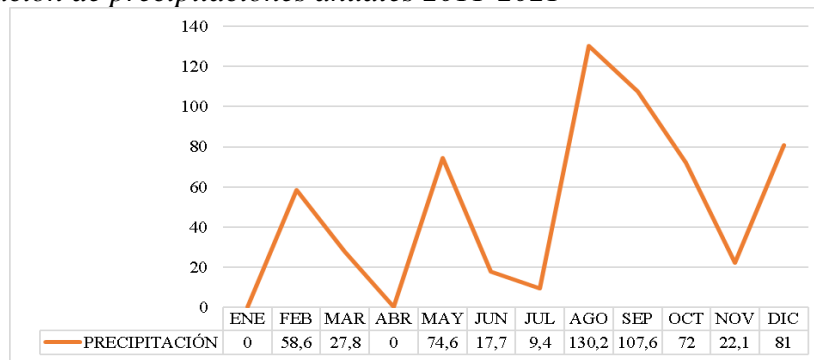
Figura 42. *Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021*



Adaptado del ideam, (s.f.).

Los resultados de la recopilación dan respuesta a que durante los meses diciembre y enero se presentan menores precipitaciones, así octubre demuestra tener el valor más alto en promedio con 95,8 mm.

Figura 43. *Recopilación de precipitaciones anuales 2011-2021*

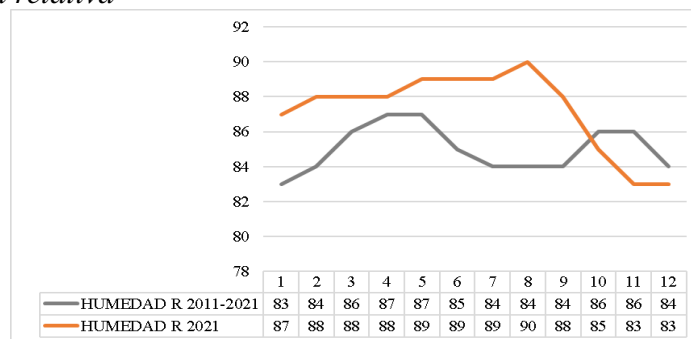


Adaptado del Ideam, (s.f.).

En el caso de precipitaciones en el último año de registro 2021, podemos ver que se presentó ausencia de lluvias durante los meses de enero y abril. Asimismo, se muestra que los meses con baja precipitación fueron julio y noviembre. Por otra parte, los meses con mayor precipitación fueron febrero, mayo, y agosto con 130,2 mm.

4.1.1.2.4 Humedad. Según la *agencia de protección ambiental de estados unidos*, recomienda que la humedad de una edificación esté entre 30% y 50%, ya que entre más humedad más calor hace (Endesa, 2019). En los santos encontramos unos índices muy altos de humedad, estando en un promedio de 85%, durante los últimos 10 años no se ha bajado de 83%, y su punto más alto ha sido 90%.

Figura 44. *Humedad relativa*

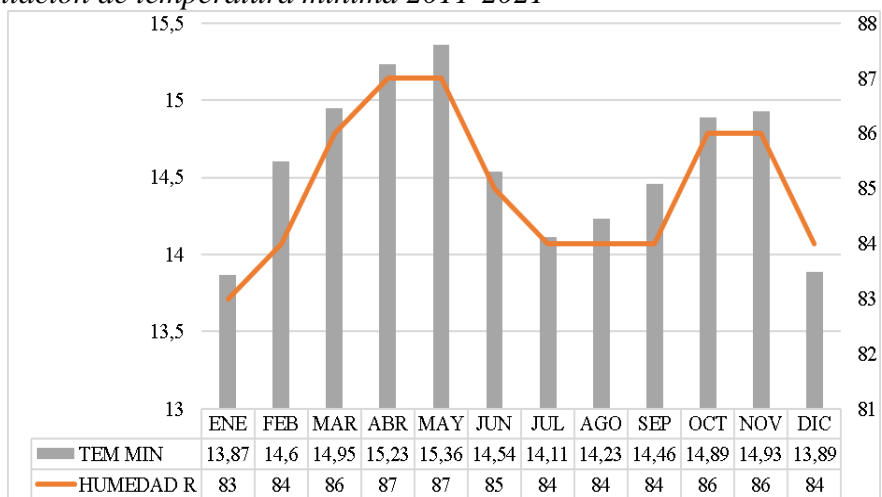


Adaptado de Cenicafé (2022).

4.1.1.2.5 Temperatura.

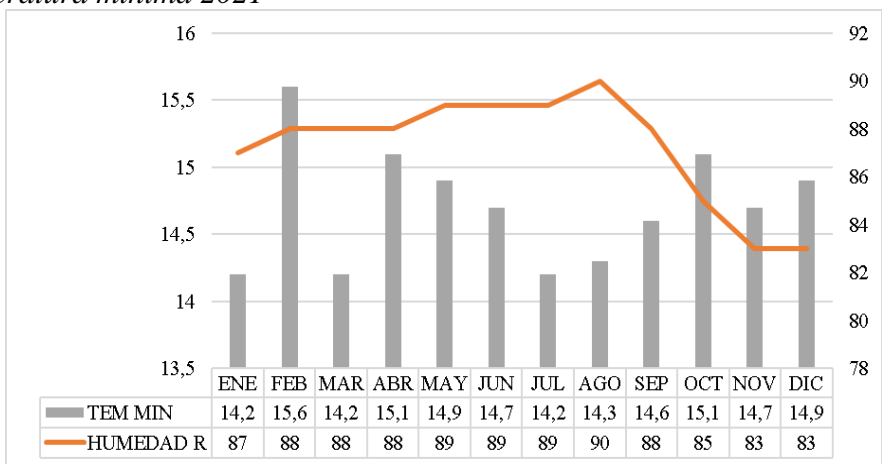
Temperatura mínima. Las temperaturas mínimas durante los últimos 10 años han mostrado que los meses con menor temperatura han sido enero y diciembre, enero con 13,87 centígrados. Asimismo, abril, mayo, octubre y noviembre se presentaron los mayores valores de temperatura mínima, siendo mayo el mayor con 15,36 centígrados.

Figura 45. Recopilación de temperatura mínima 2011-2021



Adaptado de Cenicafé (2022).

Figura 46. Temperatura mínima 2021

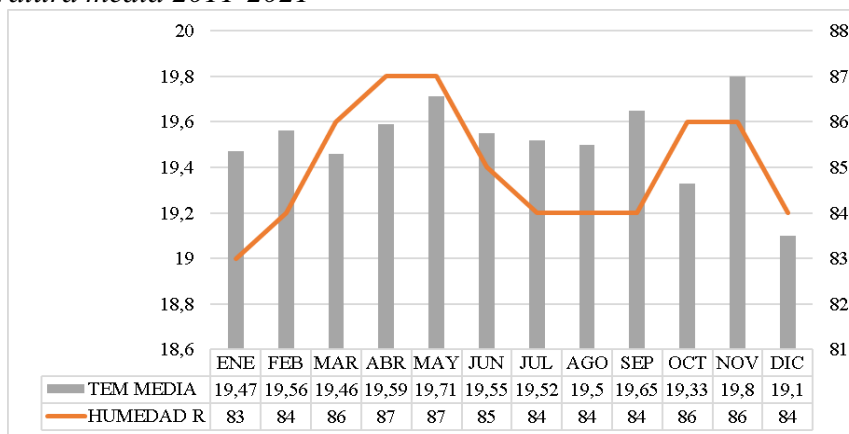


Adaptado de Cenicafé (2022).

Las temperaturas mínimas durante el año 2021 variaron poco, sin embargo, los meses con menor valor fueron enero, marzo y julio con 14,2 centígrados. En cambio, el mes donde se presentó el mayor valor fue en febrero con 15,6 centígrados, teniendo un promedio al año de 14,69 centígrados.

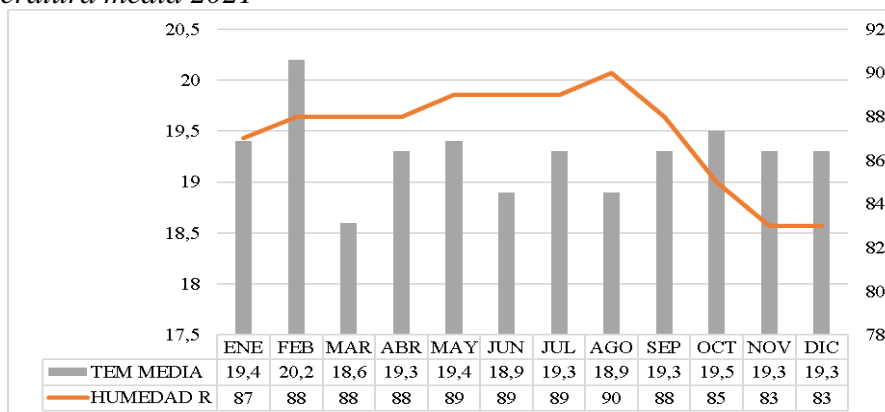
Temperatura media. Las temperaturas medias durante los últimos 10 años se han mantenido de forma constante variando mínimamente, se evidencia que el mes con mayor valor es noviembre con 19,8 centígrados y, por otro lado, el menor valor en el mes de diciembre con 19,1 centígrados. Teniendo un promedio de 19,52 centígrados.

Figura 47. *Temperatura media 2011-2021*



Adaptado de Cenicafé (2022).

Figura 48. *Temperatura media 2021*

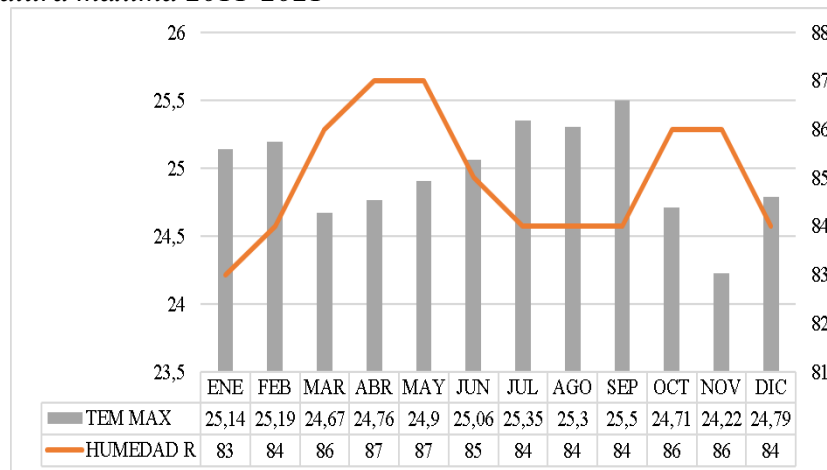


Adaptado de Cenicafé (2022).

Las temperaturas medias durante el año 2021 mantienen valores similares y consecuentes, en la gráfica se mostró que en el mes de marzo tiene el valor menor de 18,6 centígrados y, el valor mayor en el mes de febrero con 20,2 centígrados. Y el valor promedio es de 19,28 centígrados.

Temperatura máxima. La temperatura máxima durante los últimos 10 años ha variado consecuentemente, pero de manera sutil, se puede ver que el valor mínimo se dio durante el mes de noviembre con 24,22 centígrados, el valor máximo en el mes de septiembre con 25, 5 centígrados, por consecuencia teniendo un promedio de 24,9 centígrados.

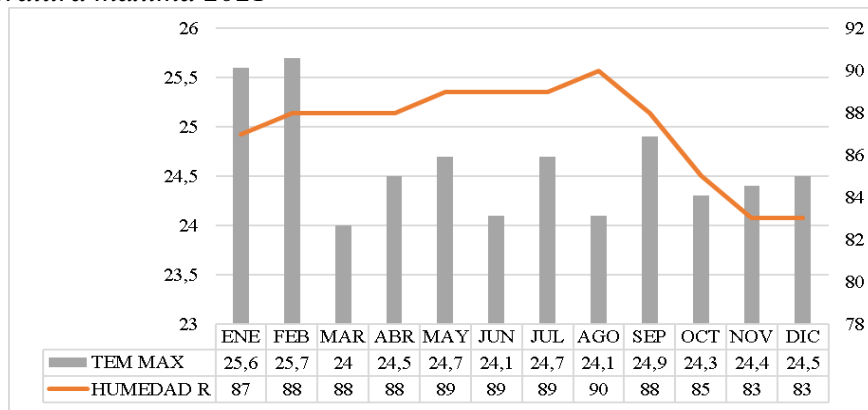
Figura 49. *Temperatura máxima 2011-2021*



Adaptado de Cenicafé (2022).

La temperatura máxima durante el año 2021 ha variado de manera constante, se puede ver que el valor mínimo se dio durante el mes de marzo con 24 centígrados, el valor máximo en el mes de febrero con 25,7 centígrados, por consecuencia teniendo un promedio de 24,62 centígrados.

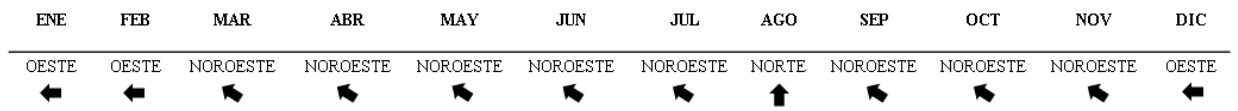
Figura 50. *Temperatura máxima 2021*



Adaptado de Cenicafé (2022).

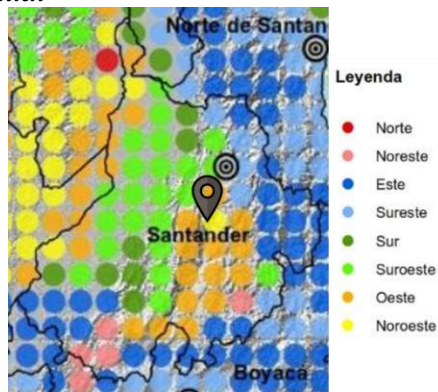
4.1.1.2.6. Dirección y velocidad del viento. Según el IDEAM, anualmente el viento varía muy poco presentando que, durante diciembre a febrero los vientos provienen del oeste, mientras que de marzo a noviembre proviene del noroeste excepto, el mes de agosto con vientos provenientes del norte.

Figura 51. *Dirección del viento por mes*



Adaptado del Ideam (s.f.).

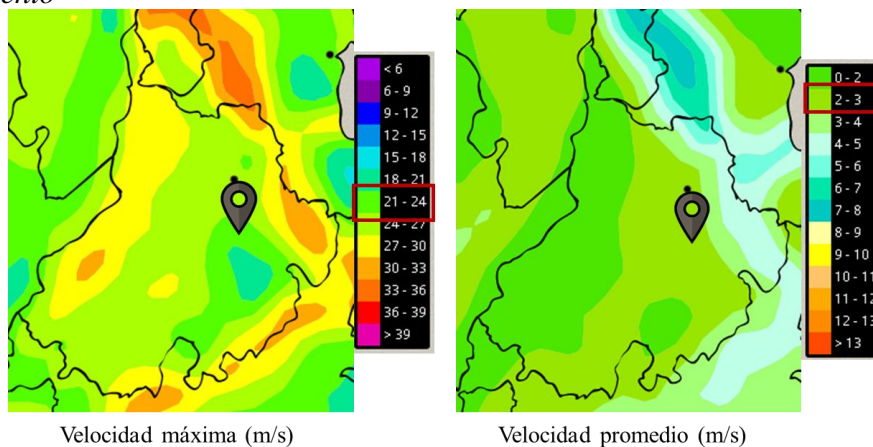
Por otro lado, según el atlas climatológico del Ideam (s.f.) se evidenció que anualmente los vientos más característicos vienen del noroeste.

Figura 52. Dirección del viento anual

Adaptado de atlas del Ideam (s.f.).

Por consecuencia, para este proyecto se tomó como referencia la predominancia de los vientos del noroeste para las simulaciones climatológicas.

Velocidad del viento. El IDEAM cuenta con un atlas interactivo donde se encuentra diferente información climatológica, en este caso se tomó como referencia las velocidades del viento máximas y promedio.

Figura 53. Viento

Adaptado del atlas del Ideam (s.f.)

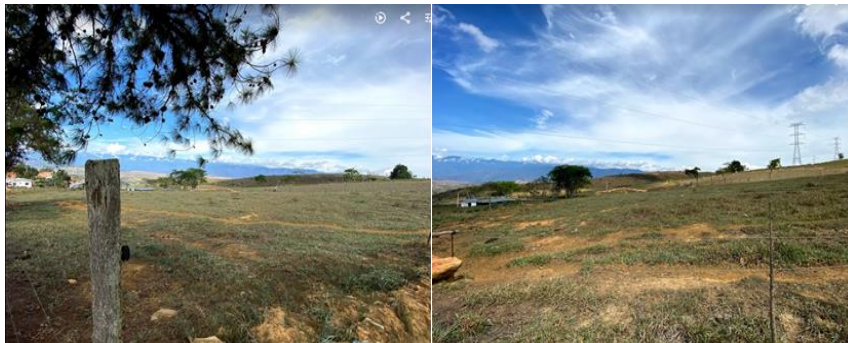
En la anterior figura se evidencia las velocidades presentadas en el departamento de Santander, pero, se ubicó un punto en la localización del proyecto. Por lo tanto, en la velocidad

máxima se mostró que está entre 21 y 24 metros/segundos y, en la velocidad promedio está entre 2 y 3 metros/segundos.

4.1.2 Medio artificial

4.1.2.1. Caracterización del sector. Al llegar se puede percibir un ambiente muy tranquilo, y sereno. El paisaje es muy agradable visual y sensorialmente. También, el clima es muy fresco durante las horas de mañana, para ser más exactos, a las 10:00 am oscila una temperatura promedio de 21°C. Por consiguiente, corre bastante brisa. Aunque, el sol es muy fuerte, llegando a calentar mucho la tierra y quemar nuestra piel si no está protegida.

Figura 54. *Paisaje del lote*



Esta zona no siempre goza de buena temperatura, usualmente se distingue por ser de clima árido, lloviendo muy pocas veces al año, generando sequías y pérdida de cultivos.

4.1.2.2. Uso del suelo en Los Santos. El esquema de ordenamiento territorial cataloga el terreno de Los Santos en diferentes clases. Por lo tanto, el suelo del lote escogido hace parte del suelo rural. Corresponde a las áreas designadas para el desarrollo de la agricultura, ganadería,

silvicultura, explotación de recursos naturales y actividades similares bajo normas y restricciones que impidan la realización de actividades que afecten negativamente al medio ambiente.

Figura 55. Clasificación del suelo

SUELO	AREA (Ha.)
SUELO URBANO	19,02
SUELO DE EXPANSION	64,50
SUELO RURAL	11.494,17
SUBURBANO	4.524,66
POBLADOS RURALES	-
PROTECCIÓN	12.371,92
AREA TOTAL	28.474,27

Tomado de Alcaldía Municipal de Los Santos – EOT (2003).

Asimismo, se encuentra otro apartado donde se habla detalladamente del tipo de suelo rural y, el uso que se les puede dar a estos terrenos. Por consiguiente, el grupo al que hace parte la vereda el Guamito es de cultivos densos.

Figura 56. Clasificación del suelo

GRUPO	UBICACIÓN	SIMB	Has.
AREAS AGROPECUARIAS			4.255,4
Cultivos Limpios	Esta unidad se localiza en la parte plana de las Veredas La Mesa, La Laguna	CL	667,20
Cultivos Semilimpios	Se encuentran localizadas en las veredas: La Mesa, Carrizal, Tabacal, Majadal, Garbanzal, Los Teres y La Laguna.	CS	1.579,85
Cultivos Densos	Se localizado en las Veredas: Rosa Blanca, Guamito y Delicias.	CD	2.008,35
AREA AGROFORESTAL			2985,62
Sistemas Agrosilvopastoriles	Se encuentra localizadas en las veredas: La Purnia, Piedra del Rayo, El Potrero, Llanadas, El Pozo, La Peña, La Mojarra, Salazar y San Rafael.	SASP	2985,62
AREA FORESTAL			4.255,96
Bosque Productores	Esta unidad se localiza hacia las veredas: Garbanzal, Los Teres, Laguna Alta, La Loma, Regadero, Espinal, Potrero	BPt	4.255,96
SUELOS MINEROS			8.842,61*
Áreas de Producción Minera.	ZONA DE ACTIVIDAD MINERA Ubicadas al sur del municipio sobre los cañones de los ríos Suárez y Chicamocho.	ZM	4.122,11*
	ZONA DE ACTIVIDAD MINERA EN AREAS AMBIENTALMENTE SENSIBLES.	ZM-A	4.720,50*
SUBURBANOS			4.524,66
SUBURBANO	SUELOS SUBURBANOS DE PARCELACIONES CAMPESTRES.	SSU	4.524,66
	SUELO SUBURANO DE MANEJO ESPECIAL I, II.		
POBLADOS RURALES	ASENTAMIENTO BARRIO MAJADAL ASENTAMIENTO BARRIO SAN MIGUEL.		-

Tomado del EOT de los Santos, (2003).

Por otro lado, encontramos información sobre las medidas necesarias para las vías municipales del municipio de Los Santos.

Figura 57. Clasificación del suelo

COMPONENTE	V. PRINCIPAL	VIA SECUNDARIA	VIA Terciaria	OBSERVAC.
Derecho de vía	15 metros a lado y lado de la vía	Entre 10 y 12 metros	Entre 8 y 10 metros	Se mide a cada lado del eje de la vía. Decreto 2770/53
Ancho de Corona		Mínimo 7.0 metros.	Mínimo 6.0 metros.	-
Ancho de calzada	Mínimo 7.30	Mínimo 6.0 metros	Mínimo 5.0 metros	-
Ancho de carril	Mínimo 3.65	Mínimo 3.0 metros	Mínimo 2.5 metros	-
Ancho de berma	Mínimo 1.80	Mínimo 0.5 metros	Mínimo 0.50 metros	-
Pendiente longitudinal		Máximo 12%	Máximo 14%	Debe contemplar la longitud crítica de ascenso
Velocidad de diseño		Mínimo 40.0Km/hr.	Mínimo 30.0Km/hr.	Depende del tipo de terreno
Radio mínimo de curvatura		Mínimo 50.0 metros	Mínimo 30.0 metros	
Pasos a desnivel (altura libre)		Mínimo 4.9 metros	Mínimo 4.5 metros	Para pasos vehiculares y peatonales.
Distancia entre el borde de la vía y la cota máxima de inundación		Mínimo 30.0 metros	Mínimo 30.0 metros	Depende del caudal del río. Decreto 2811/74

Tomado de EOT de los Santos, (2003).

Existe otro subgrupo donde se desarrollan los distintos usos según el suelo de zonificación ambiental de cada vereda. El grupo al que pertenece es el de suelos de uso agropecuario o de producción.

Figura 58. Zonificación ambiental

GRUPO	UBICACIÓN	SIMB	Has.	%	
SUELOS DE USO AGROPECUARIO O DE PRODUCCIÓN					
			4252.6	14.93	
Cultivos Limpios	Esta unidad se localiza en la parte plana de las Veredas La Mesa, La Laguna	CL	667.2	2.34	
Cultivos Semilimpios	Se encuentran localizadas en las veredas: La Mesa, Carrizal, Tabacal, Majadal, Garbanzal, Los Teres y La Laguna.	CS	1577.05	5.54	
Cultivos Densos	Se localiza en las Veredas: Rosa Blanca, Guamito y Delicias.	CD	2008.35	7.05	
SUELOS DE USO AGROFORESTAL					
			2985.27	10.48	
Sistemas Agrosilvopastoriles	Se encuentra localizadas en las veredas: La Purnia, Piedra del Rayo, El Potrero, Llanadas, El Pozo, La Peña, La Mojarra, Salazar y San Rafael.	SASP	2985.27	10.48	
SUELOS DE USO FORESTAL					
			4256.31	14.95	
Bosque Productores	Esta unidad se localiza hacia las veredas: Garbanzal, Los Teres, Laguna Alta, La Loma, Regadero, Espinal, Potrero	BPt	4256.31	14.95	
SUELOS DE USO MINERO					
			8842.61*	31.06*	
Áreas de Producción Minera.	Zona de Actividad Minera	Sur occidente del municipio	ZM	4122.11*	14.48*
	Zona de Actividad Minera en Áreas Ambientalmente Sensibles.	Sur occidente del municipio	ZM - A	4720.50*	16.58*
AREAS DE PROTECCIÓN					
			7101.13	24.93	
Bosques Protectores	Se presentan pequeñas áreas localizadas en las veredas la mesa y carrizal.	BP	137.36	0.48	
Áreas de rondas cauces quebradas, corrientes hídricas y microcuencas abastecedoras de acueductos. (Áreas de Protección Hídrica)	Se encuentran localizadas en áreas dispersas por el todo el municipio, y en la margen de las fuentes hídricas permanentes o no.	APH	649.82	2.28	

Tomado del EOT de los Santos, (2003).

El uso de cultivos densos se caracteriza por ser zonas de suelos poco profundos y pedregosos, con relieves sensibles a procesos corrosivos y de capacidad agronómica moderada a baja. Estas áreas están ubicadas en las laderas de formaciones montañosas con pendientes superiores al 25%. Esta categoría incluye pastos de corte y forrajes que tienen una larga temporada de crecimiento. Este es un uso posible en las Veredas: Rosa Blanca, Guamito y Delicias. Ocupa la extensión 2008.35 Has. (Alcaldía Municipal de Los Santos, 2003)

Figura 59. *Uso de cultivos densos*

Reglamentación de Uso:	
USO PRINCIPAL	Agropecuaria Tradicional, y forestal. Se debe dedicar como mínimo el 20% del predio para uso forestal protector – productor, para promover la formación de bosques productores – protectores.
USOS COMPATIBLES	Vivienda del propietario y trabajadores, establecimientos institucionales de tipo rural, granjas avícolas, cunicolas y silvicultura.
USOS CONDICIONADOS	Cultivos de flores, granjas porcinas, recreación, vías de comunicación, infraestructura de servicios, agroindustria, parcelaciones rurales con fines de construcción de vivienda campestre siempre y cuando no resulten predios menores a los indicados por el municipio para tal fin y minería.
USOS PROHIBIDOS	Agricultura mecanizada, usos urbanos, y suburbanos, industria de transformación y manufacturera.

Tomado de EOT de los Santos, (2003).

Por otro lado, se contempló que la infraestructura cuenta con unas especificaciones según el tipo de vía en el que se encuentre dicho predio. En este caso el lote se encuentra sobre una vía municipal, deberá contener los siguientes parámetros.

Figura 60. *Vías municipales*

SECCION	12 METROS
ANCHO CALZADA DE DOS CARRILES	MÍNIMO 6.00 METROS
ANCHO CARRIL	MINIMO 3.00 METROS
ANCHO BERMA	MINIMO 0.50 METROS
ANDEN O CICLOVIA	MINIMO 1.50 METROS O 3MTS A UN COSTADO.
DERECHO VÍA	6 METROS A LADO DE LA VÍA medido del eje de la vía.

Tomado de EOT de los Santos, (2003).

Sin embargo, se encuentra otro tipo de perfil vial el cual muestra las medidas mínimas para ser usadas en terrenos destinados a parcelaciones.

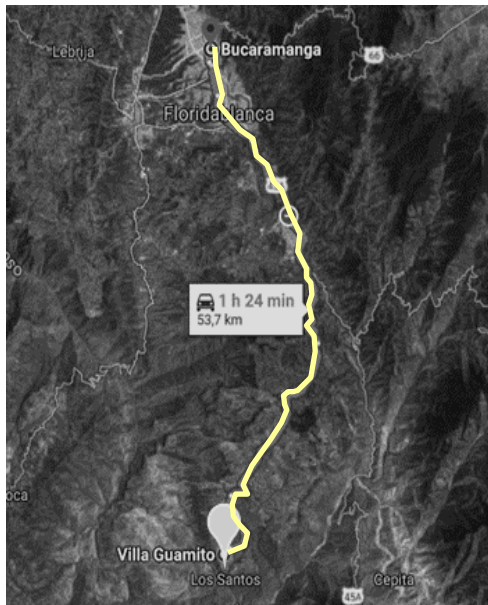
Figura 61. *Vías internas - parcelaciones*

SECCION	10 METROS
ANCHO CALZADA DE DOS CARRILES	5.00 METROS
ANCHO CARRIL	2.50 METROS
ANCHO CUNETA	1.00 METROS PARA MANEJO AGUAS LLUVIAS
ANDEN	1.50 METROS A CADA COSTADO
DERECHO VÍA	5 METROS A LADO DE LA VÍA medido del eje de la vía.

Tomado de Alcaldía Municipal de Los Santos – EOT (2003).

4.1.2.3 Vías y acceso vehicular. Desde la ciudad de Bucaramanga, hasta el lote ubicado en la vereda de los “Guamitos”, demoramos un tiempo de 1h24min en carro, toda la vía en carretera asfaltada.

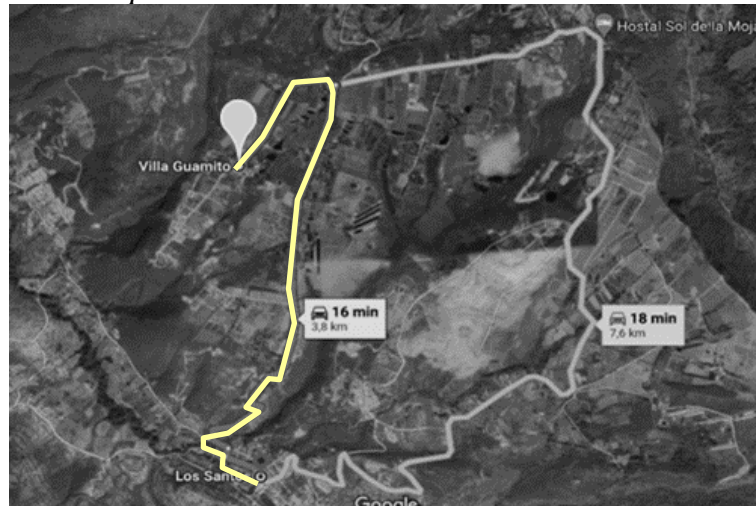
Figura 62. *Ruta vehicular*



Tomado de Google Maps (2022).

Desde el pueblo de Los Santos a la vereda el “Guamito” demoramos de 16min a 18min en carro. Se recorre en un lapso corto.

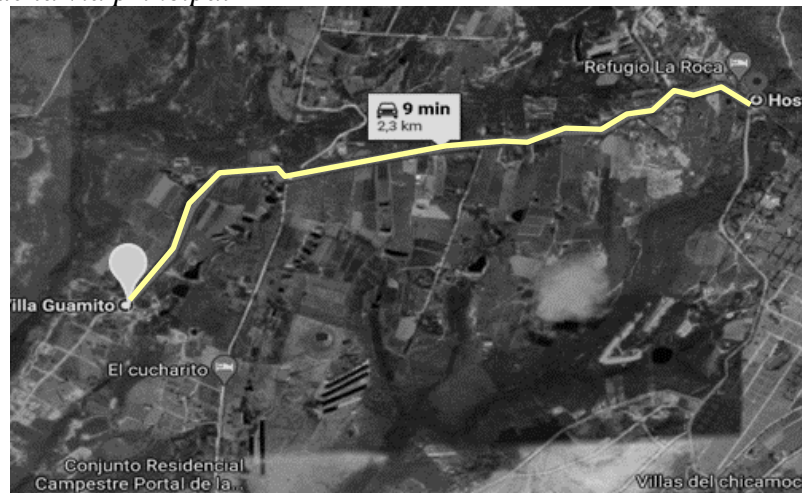
Figura 63. Ruta desde el municipio de Los Santos



Tomado de Google Maps (2022).

Desde la carretera principal vía Los Santos a, el lote ubicado en la vereda el “Guamito” demoramos 9 min aproximadamente.

Figura 64. Ruta desde la vía principal



Tomado de Google Maps (2022).

4.1.2.3.1. Vías. La vía de color rojo hace parte de la vía principal, esta carretera esta asfaltada y en perfectas condiciones. En consecuencia, el color amarillo hace referencia a la vía secundaria, la cual conduce hacia la vereda “El Guamito”.

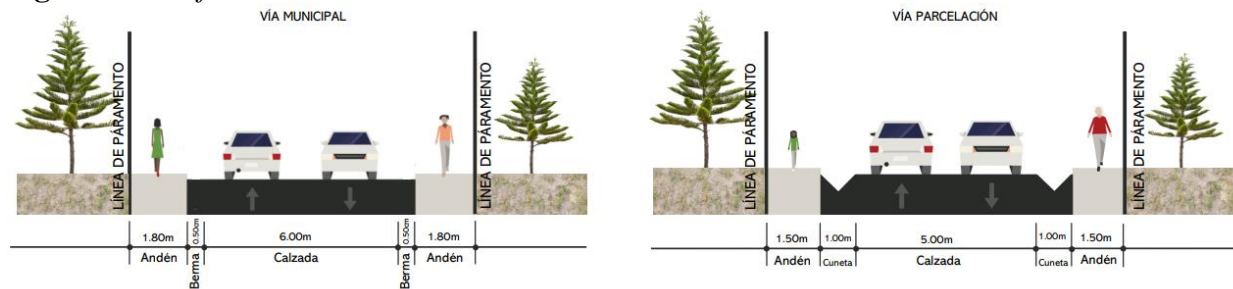
Figura 65. Ruta desde la vía principal



Adaptado de Google Maps, (2021).

4.1.2.3.2 Perfiles viales. Están adecuados según la normatividad del E.O.T. del municipio de Los Santos. Se generaron con las medidas mínimas que exige dicha norma.

Figura 66. Perfiles viales



Adaptado de Streetmix (2021).

4.1.3 Usos urbanos y equipamientos

Corresponde a edificaciones de bajo impacto directamente relacionadas con las actividades residenciales y de bienestar civil de los ciudadanos, principalmente para uso urbano. (E.O.T. p.110, 2003).

Por consiguiente, en el pueblo de Los Santos encontramos más equipamientos básicos tales como, alcaldía municipal, comando de policía, hospital nuestra señora de las nieves, Colegio integrado de Los Santos, parroquia de San José, Biblioteca, Casa de la cultura, y otros mostrados en la siguiente figura.

Figura 67. Equipamientos de Los Santos



Adaptado por Dayana Ramirez y Mapstyle (2022).

Según el E.O.T. En el municipio de Los Santos existen equipamientos institucionales divididos en, equipamientos institucionales tipo 1 y tipo 2. Los equipamientos institucionales tipo 1 son aquellos edificios de bajo impacto directamente vinculados a actividades de vivienda y servicios de ciudadanía para residentes, para uso principalmente en zonas urbanas. Las entidades que pertenecen a este grupo son, servicios de asistencia o bienestar social, educación, cultura, salud, y religiosos. (E.O.T.p.111, 2003).

Figura 68. *Equipamientos institucionales tipo 1*

EDUCACIÓN
Colegio Integrado Los Santos. (sección básica primaria – secundaria)
RELIGIOSOS
Parroquia de San José Casa Cural – despacho Parroquial
ASISTENCIA O BIENESTAR SOCIAL
Hogar del Anciano. (adyacente al perímetro urbano)
Hogares ICBF (3)
SALUD
Centro de Salud Los SANTOS
CULTURAL – COMUNITARIO
Casa de la Cultura - biblioteca y sala de internet rural.
Casa Campesina.

Tomado de: E.O.T. p.112 (2003).

Equipamientos institucionales tipo 2

Se trata de obras de infraestructura y servicios urbano-rurales. Combinar asignaciones relacionadas con diferentes dispositivos para la atención al ciudadano que involucren actividades de carácter administrativo o gerencial. Algunos impactan por su carácter, cuya posición es limitada. (E.O.T. p.112, 2003).

Figura 69. Equipamientos institucionales tipo 2

ADMINISTRACION PUBLICA
Palacio Municipal y dependencias administrativas.
Oficina Registraduria
COMUNICACIONES
Telecom.
ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS Y CONSUMO
Plaza de Mercado - Expendio de carnes
Planta de sacrificio de ganado
SERVICIOS FUNERARIOS
Cementerio
DEFENSA Y SEGURIDAD
Estación de Policía
AMBIENTALES
Planta de tratamiento de agua residuales (mantenimiento)

Tomado de: E.O.T. p.113 (2003).

4.1.3.1. Antecedentes arquitectónicos – tipología de vivienda urbana.

4.1.3.1.1 Tipología 1. Se ajusta al modelo de casa unifamiliar, desarrollado para uso de casa y terraza trasera, con patio central o semi claustro, y se deriva del estilo colonial tradicional, caracterizado por tener muros de tapia pisada o bahareque. Además, las casas son en su mayoría de una planta y a veces de dos plantas.

En las fachadas se destaca el zócalo frente al resto, con un tono de color propio, puertas y ventanas de madera provistas de contraventanas traslúcidas, y cotelados de madera. También, los solares de algunas viviendas se caracterizan por tener un tapial de media altura y una teja de barro que le da un carácter especial. (E.O.T., Libro 2, 2003, p.21).

Figura 70. Vivienda de Los Santos 1**Foto 4:** Calle 3 hacia las Minas.**Foto 5:** Carrera 5 entre calle 2 y 3

Tomado del E.O.T de los Santos, (2003, p.21).

4.1.3.1.2 Tipología 2. Se caracteriza por desarrollarse especialmente en dos niveles; en su volumetría se observa un voladizo continuo (0,60-0,80 mt). Las puertas y ventanas son de carpintería metálica y de vidrio. En la parte superior de la construcción, se ve un frontón con figuras. Sus materiales de construcción siguen siendo, los muros de tapia y bahareque con sus techos en teja de barro. (E.O.T., Libro 2, 2003, p.22)

Figura 71. Vivienda de Los Santos 2**Foto 7:** Carrera 5 desde la calle 2**Foto 8:** calle 3 entre carrera 6 y Carrera 5
Puente sobre la Quebrada El Limo

Tomado del E.O.T de los Santos, (2003, p.22).

La siguiente imagen forma parte de la evidencia, en la cual se muestra el material en el que se encuentra construido el muro, situado entre carrera 5 desde la calle 2, como es mencionada.

Figura 72. *Muro en Bahareque*



4.1.3.1.3 Tipología 3. Pertenece a una serie de casas desarrolladas en los últimos años, especialmente en el distrito de Guane. Están construidas en materiales tradicionales como ladrillo, y cemento, dejando de utilizar las técnicas ancestrales y vernáculas que dejaron los Guane. (E.O.T., Libro 2, 2003, p.22)

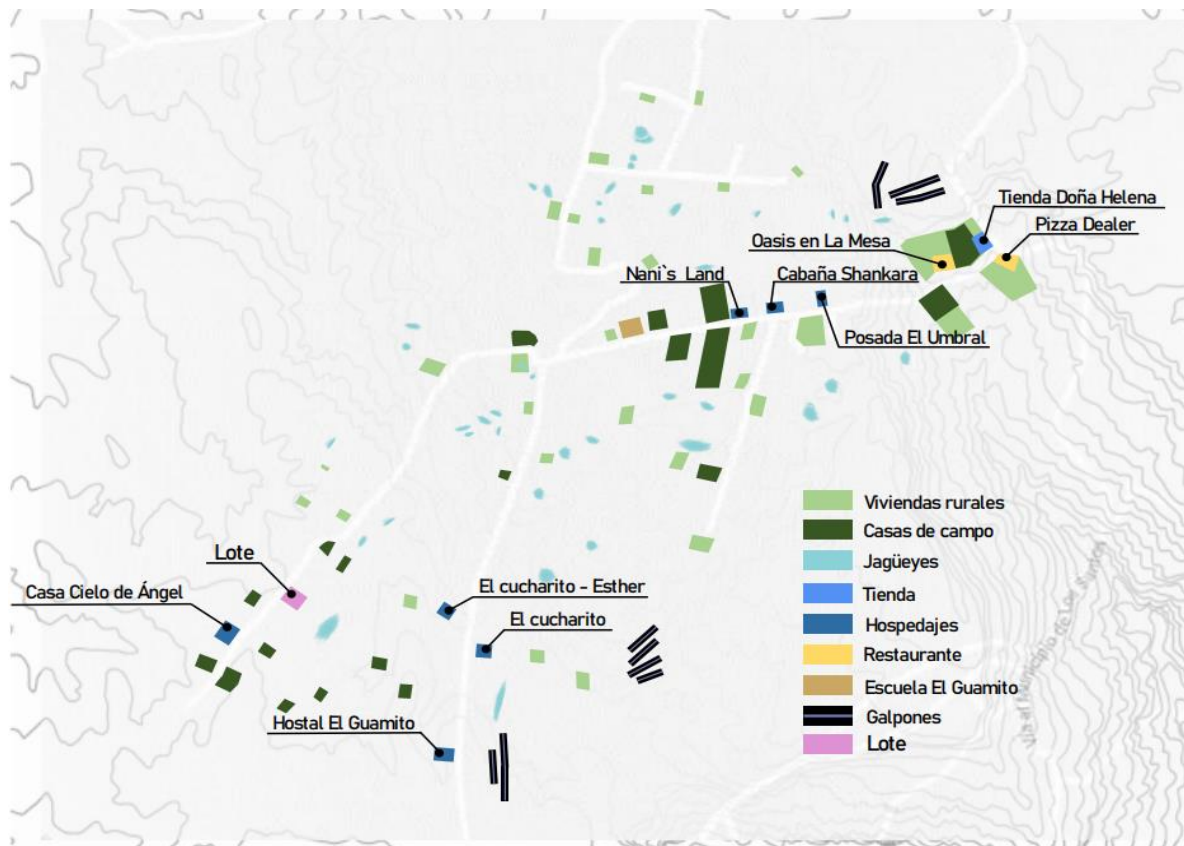
Figura 73. *Vivienda de Los Santos 3*



Tomado de: E.O.T libro 2, p.22 (2003).

4.1.3.2 Usos rurales vereda el Guamito y equipamientos. Por otro lado, alrededor del lote podemos encontrar varias fincas, algunas son viviendas rurales destinadas a uso agrícola y ganadero, otras son casas de campo usadas los fines de semana, y las demás viviendas hacen parte de los hospedajes que se han ido creando al pasar los años. La mayoría de las edificaciones rurales cuentan con jagüeyes para recolectar agua lluvia ya que el sistema de acueducto no es bueno, cada 15 días reciben este servicio (Información brindada en visitas de campo por los pobladores, 2022). Pocas son las granjas avícolas, pero, sin embargo, encontramos alrededor de 3 en este sector rural. Además, solo se cuenta con una Escuela rural y una tienda. Por último, hace poco existen 2 restaurantes a la entrada de la vereda, se trata de una pizzería y una panadería.

Figura 74. *Usos circundantes*



Adaptado por Mapstyle (2022).

Dentro de la vereda el Guamito, aproximadamente a 1 kilómetro de distancia encontramos un equipamiento de educación, es llamada “Escuela El Guamito”. Se encuentra en buenas condiciones para su mejor uso escolar. (Autoría propia)

Figura 75. *Escuela El Guamito*



4.1.3.3 Antecedentes arquitectónicos – Tipología vivienda rural, vereda El Guamito.

Estas viviendas son ocupadas en su mayoría por personas originarias del área metropolitana, pero se han venido acoplando a las edificaciones ya existentes.

4.1.3.3.1 Tipología 1.

Figura 76. *Vivienda de la zona 1*



La vivienda está construida con el sistema tradicional, consta de una estructura de hormigón armado, muros de mampostería, bloques o tabiques de cemento, equipos y losas de hormigón armado. Tiene pocas ventanas en la fachada principal. Contiene un pasillo exterior el cual favorece la ventilación al interior de la vivienda, aquí encontramos columnas en madera y cimentación con pilotes. También, el acceso a la vivienda es por medio de una rampa de 10% de inclinación. Por otra parte, la cubierta está hecha en madera y la superficie es de teja de barro. (Autoría propia).

4.1.3.3.2 Tipología 2.

Figura 77. *Vivienda de la zona 2*



La anterior imagen nos muestra una vivienda construida con el sistema tradicional de mampostería en Colombia. La cubierta se caracteriza por ser en machimbre y teja de barro. Tiene un área de aproximadamente 120 metros cuadrados. Contiene 3 entradas en la parte central y los costados laterales.

4.1.3.3.3 Tipología 3.

Figura 78. *Vivienda de la zona 3*



La formalidad de esta vivienda está constituida por un solo volumen o, un solo modulo. Este contiene pocos vanos como ventanas en la fachada principal, en sus costados carece de entrada de aire siendo así, el único ingreso de ventilación por esta fachada. El sistema de mampostería es tradicional, y su cubierta construida en machimbre y teja de barro.

4.2 Fase 2: Análisis del usuario

4.2.1 Población

4.2.1.1. Población actual. Según la información más actual de la base de datos del DANE (2018), se encontró datos generales alrededor del pueblo de Los Santos, con un radio de 2.070 metros abarcando la vereda donde se localiza este proyecto.

Figura 79. Radio de análisis de usuarios

Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

Sin embargo, alrededor del municipio de Los Santos podemos encontrar personas que viven en lugares particulares, personas que viven juntas, pero no son parientes, hogares familiares, y simplemente hogares comunes.

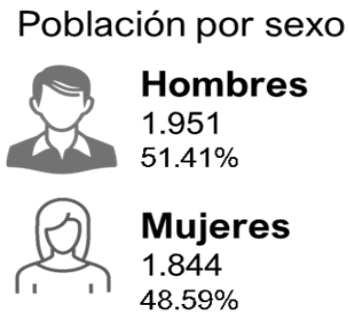
Esto nos llevó a analizar que la mayoría de las personas viven en lugares particulares, debido a la urbanización presentada por nuevas viviendas campestres, o condiciones económicas, en segundo lugar, los hogares, hacen referencia sobre todo a la población nativa.

Figura 80. Número de viviendas, hogares y personas

Tomado del Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

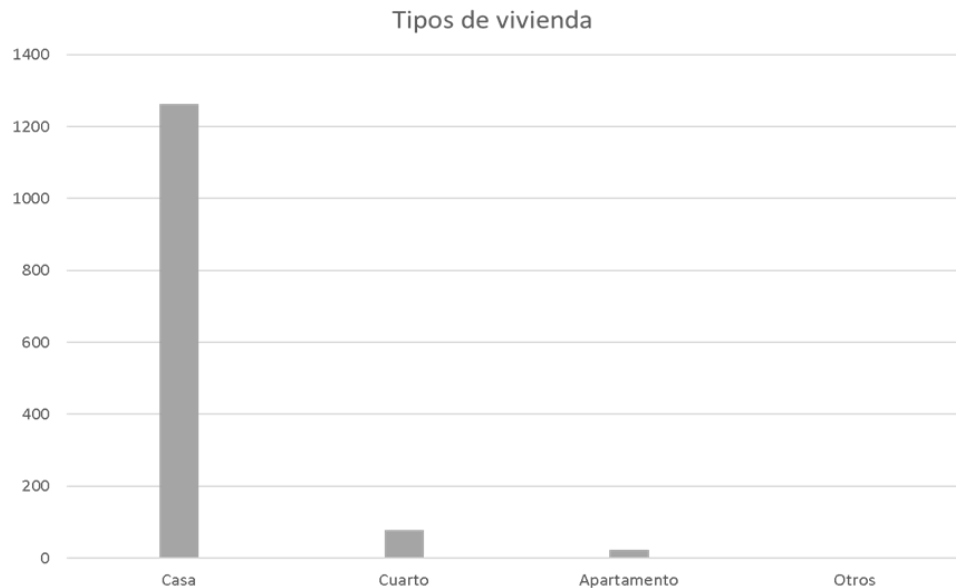
También, encontramos que la población contiene casi la misma cantidad de hombres y mujeres, siendo una diferencia de apenas 2.81%.

Figura 81. Población por sexo



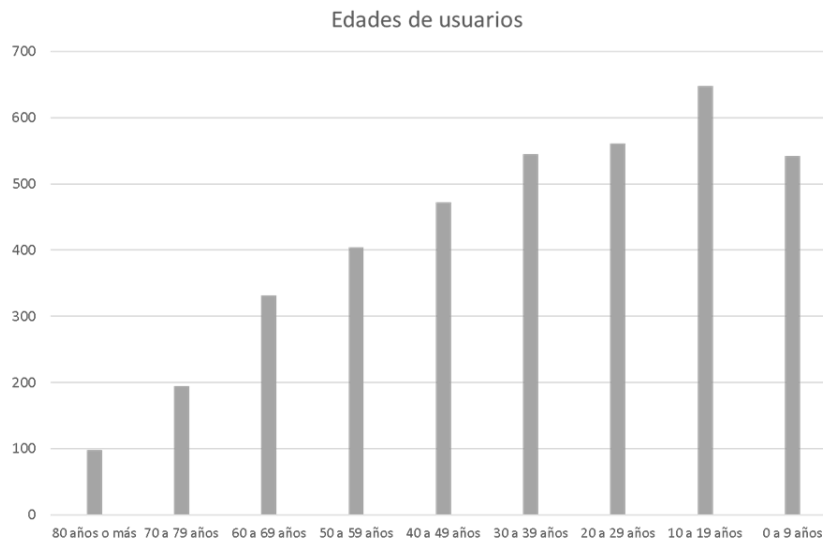
Tomado Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

Figura 82. Tipos de vivienda



Tomado Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

La mayor parte de la población habita en una vivienda tipo casa, se podría decir que las cifras están entre 1263 viviendas aproximadamente. Por otro lado, la minoría de personas viven en habitaciones y apartamentos.

Figura 83. *Edades de la población*

Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

La población con mayor cantidad se encuentra entre los 10 a 19 años, relativamente existe una cantidad de 648 personas aproximadamente en el radio presentado anteriormente. Asimismo, la población que menos se evidencia son las personas de la tercera edad entre los 70 y 80 años demostrando que, la tasa de natalidad y mortalidad ha aumentado, existiendo más niños que personas adultas y ancianas.

4.2.2 Hábitat

4.2.2.1. Hogares. Hogar se refiere a una persona o grupo de personas, relacionadas o no, que ocupan la totalidad o parte de una vivienda; satisfacen necesidades básicas, se les paga con un presupuesto compartido y, a menudo, comen juntos. (DANE, p.5 2018)

Sin embargo, existen datos a detalle sobre cómo está organizado cada hogar. En la siguiente gráfica se observa que la mayoría de los hogares están conformados por:

3 personas (792 hogares), 4 personas (756 hogares) y, 5 personas o más (707 hogares), lo que quiere decir que, la mayor parte de los hogares del municipio de Los Santos están conformados por 3 personas o integrantes. Existe una media de 4 personas por hogar.

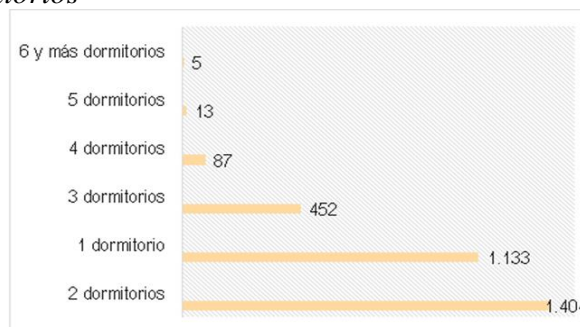
Figura 84. *Figura Tamaño de hogar*



Adaptado de DANE (2018).

4.2.2.2. Dormitorios. Es el espacio destinado a simplemente dormir o descansar por el usuario que lo habite. En este caso, se observó que la mayoría de las viviendas contiene 1 a 2 dormitorios. En el siguiente orden el primero siendo el superior, 2 dormitorios (1.404 viviendas), 1 dormitorio (1.133 viviendas), y 3 dormitorios (452 viviendas). Existe una media de 1 dormitorio por vivienda.

Figura 85. *Número de dormitorios*



Adaptado de DANE (2018).

En conclusión, los hogares se encuentran constituidos por 3, 4, 5 o más personas, pero, no cuentan con los dormitorios necesarios en una vivienda ya que, según la encuesta realizada por el DANE existen 1.133 viviendas con 1 dormitorio, 452 viviendas con 2 dormitorios y, 87 viviendas con 4 dormitorios, demostrando que no se cuentan con los espacios necesarios para habitar cómodamente y, dejando claro que varias personas duermen en 1 dormitorio.

Tabla 6. *Análisis de la población rural*

Personas por hogar	Tipo de vivienda	Edades	Dormitorios
Media de 4 personas	Mayoría Casa	Mayoría 10-19 años Minoría 70-80 años	Media de 1 dormitorio por vivienda
Cantidad 756 personas	Cantidad 1263 casas	Adolescentes 648 personas Tercera edad 300 personas	Cantidad 1.333 viviendas
Total de 3.795 personas	Total 1.374 viviendas	Total 3.795 personas	Total 1.374 viviendas
-	-	Natalidad y mortalidad ha aumentado en la misma medida	Hacinamiento en las viviendas, ya que la media por hogar son 4 personas

4.2.3 Aspecto sociocultural

4.2.3.1. Actividades de la población de Los Santos

Tabla 7. *Población adulta*

Población Adulta	
Lugar	Oficio
Cabecera Municipal	Trabajan en: Alcaldía Sector agropecuario Oficios domésticos

Población Adulta	
Vereda	Ganadería Minería Labores del hogar Crianza de hijos
Recreación	Juegan: Microfutbol Bolo criollo Billar

Modificado de IGAC-DANE-E.O.T. (2021).

Por consiguiente, se mostrará un cuadro teniendo en cuenta la población adulta mayor.

Tabla 8. *Labores de la población*

	Labores agrícolas
Veredas	Labores pecuarias
	Labores de cocina

Tomado de IGAC-DANE-E.O.T. (2021).

Más exactamente, los pobladores de las veredas, sobre todo donde se encuentra ubicado el proyecto se dedican a la agricultura de diferentes cultivos, la mujer como ama de casa y los hijos estudiando, pero, al mismo tiempo ayudándoles a su familia con el cultivo ya que, es la fuente principal de sus ingresos.

Tabla 9. *Labores de la población veredal*

Labor	Descripción
Agricultura	Cultivan: tomate, pimentón, habichuela, tabaco, yuca, maíz, frijol, ahuyamin, maracuyá, piña, pepino, entre otros.
Construcción tradicional	Obreros y albañiles encargados de la construcción de edificaciones con estructuras de hormigón armado, cemento, alambre metálico y varillas corrugadas.
Granja avícola	Lugar agropecuario donde se realiza la cría de aves de corral.
Amas de casa	Persona encargada de las labores domésticas del hogar.
Turismo	Hostales y casas de campo
Estudiante	Niños y adolescentes

Elaboración propia de análisis realizados en visitas de campo. (2022).

4.2.4 Necesidades

En una vivienda se requieren los espacios básicos para preparar alimentos, asearse, dormir y descansar, pero, en este caso se suma un usuario con una profesión específica, el agricultor, el cual requiere de un espacio para almacenar los diferentes elementos agrícolas del cuidado de los respectivos cultivos.

Tabla 10. *Usuarios vivienda rural*

Usuario	Características socioeconómicas del usuario	Objetivo del uso o permanencia del espacio	Necesidades
MADRE	EDAD: 40-50 años. SECTOR SOCIOECONÓMICO: Ama de casa y agricultora	Sala Comedor Cocina Baño Habitaciones Patio (zona de ropas) Asear Bodega-Zona de cultivo	Relajarse-Socializar-Descansar-Ver televisión Alimentarse Asearse Dormir Lavar Preparar alimentos, limpiar, organizar. Almacenar herramientas, elementos agrícolas y cultivar

Usuario	Características socioeconómicas del usuario	Objetivo del uso o permanencia del espacio	Necesidades
PADRE	EDAD: 45-55 Años. SECTOR SOCIOECONÓMICO: Agricultor.	Sala Comedor Cocina Baño Habitaciones Patio (zona de ropas) Bodega-Zona de cultivo	Relajarse-Socializar-Descansar-Ver televisión Alimentarse Asearse Dormir Lavar Almacenar herramientas, elementos agrícolas y cultivar
HIJO	EDAD: 10-15 Años SECTOR SOCIOECONÓMICO: Estudiante.	Sala Comedor Cocina Baño Habitaciones Patio (zona de ropas) Estudio	Relajarse-Socializar-Descansar-Ver televisión- Alimentarse Asearse Dormir Recrearse Estudiar
HIJO	EDAD: 10-19 Años SECTOR SOCIOECONÓMICO: Estudiante y aprendiz agricultor.	Sala Comedor Cocina Baño Habitaciones Patio (zona de ropas) Estudio-Bodega-Zona de cultivo	Relajarse-Socializar-Descansar-Ver televisión Alimentarse Asearse Dormir Lavar Estudiar-Almacenar herramientas, elementos agrícolas y cultivar

Nota. Información recolectada de visitas técnicas, análisis anteriores y encuestas. (2022).

4.3 Fase 3: Diagramas en base al análisis del usuario

4.3.1. Programa arquitectónico

Tabla 11. Programa arquitectónico

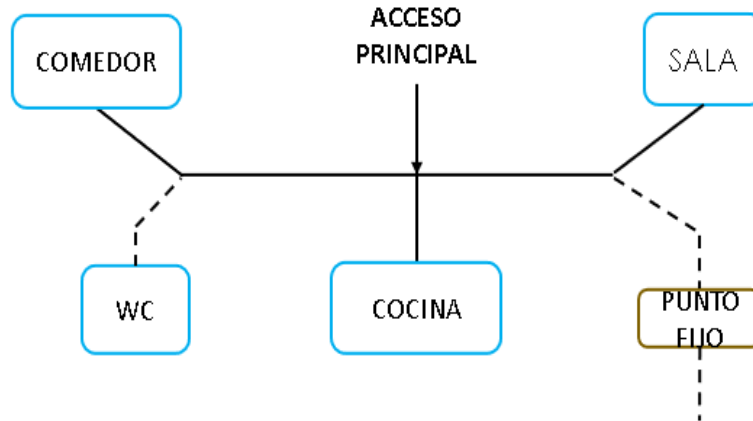
Zona funcional	Espacio	Cantidad	Capacidad
Hall de acceso	Espera	1	4 personas
	Sala	1	4 personas
Zona social	Cocina	1	2 personas
	Comedor	1	4 personas

	Baño auxiliar	1	1 persona
Zona de servicios	Almacenaje	1	2 personas
	Patio de ropas	1	2 personas
Zona privada	Alcoba principal	1	2 personas
	Baño principal	1	1 persona
	Alcoba auxiliar	2	2 personas
	Baño auxiliar	1	1 persona

Adoptado de la conclusión de todos los análisis, (2022).

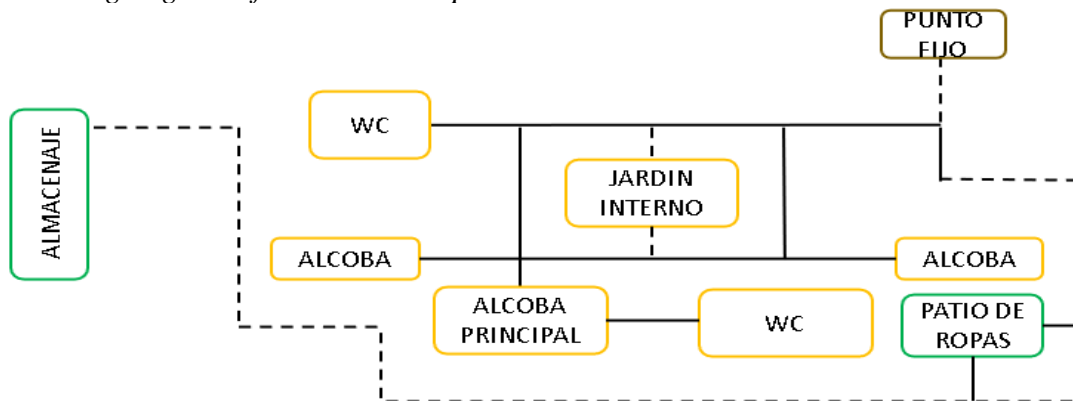
4.3.2. Organigrama funcional

Figura 86. Organigrama funcional nivel de acceso



Adoptado de la conclusión de todos los análisis (2022).

Figura 87. Organigrama funcional nivel privado



Adoptado de la conclusión de todos los análisis (2022).

4.3.3. Cuadro de áreas

Figura 88. Cuadro de áreas

Zona funcional	Espacio	No. de usuarios	m ² por usuario	m ² por espacio
Hall de acceso	Espera	2	3,22	6,44
	Sala	4	3,06	12,25
Zona social	Cocina	2	5,88	11,76
	Comedor	4	12,24	12,25
	Baño auxiliar	1	2,42	2,42
Zona de servicios	Almacenaje	2	6,00	12,00
	Patio de ropas	2	6,27	12,54
Zona privada	Alcoba principal	2	1,68	3,36
	Baño principal	1	3,36	3,36
	Alcoba auxiliar	1	9,90	9,90
	Alcoba auxiliar	1	9,90	9,90
	Baño auxiliar	1	3,20	3,20
Circulación	Circulación interior	-	-	49,87
	Circulación exterior	-	-	115,91
Parqueadero	Parqueadero + circulación	-	-	121,66
Total	-	-	-	386,82

Adoptado de la conclusión de todos los análisis (2022).

4.4 Fase 4: Desarrollo de propuesta arquitectónica

4.4.1 Concepto de diseño

El concepto gira en torno a la preservación y conservación de la arquitectura vernácula, en este caso la tapia pisada. Es una técnica traída a América por los españoles, mezclada con el *Bahareque*, originaria de Colombia antes de su fundación. (Silva, Vecino & Jimenez, p.29, 2008)

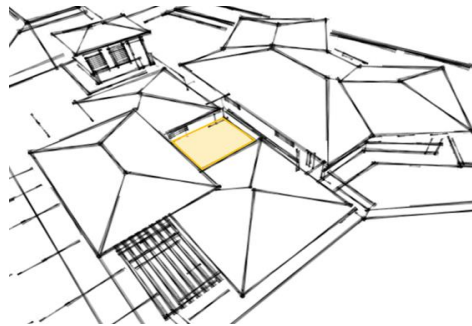
Por consecuencia, en 1540, las tropas de Martín Galeano, capitán de la expedición de Ambrosio Alfinger, conquistaron el territorio Guane (El guane, 2011)

Por lo tanto, este tipo de construcción se consideraba una artesanía y se transmitía de generación en generación, principalmente debido al fácil acceso a su principal material, la tierra local. También tiene varias funciones como:

Inercia térmica, aislante acústico, confort sensorial, estética, y el medio ambiente. (Arquitectura sostenible, 2020) También, se hizo énfasis en las tipologías de las viviendas de los Santos, Santander de las cuales se tomaron ciertos rasgos tales como:

Patio central: las primeras viviendas construidas en el municipio de Los Santos, Santander se caracterizaban por poseer al interior un patio central sirviendo para ventilar e iluminar la vivienda.

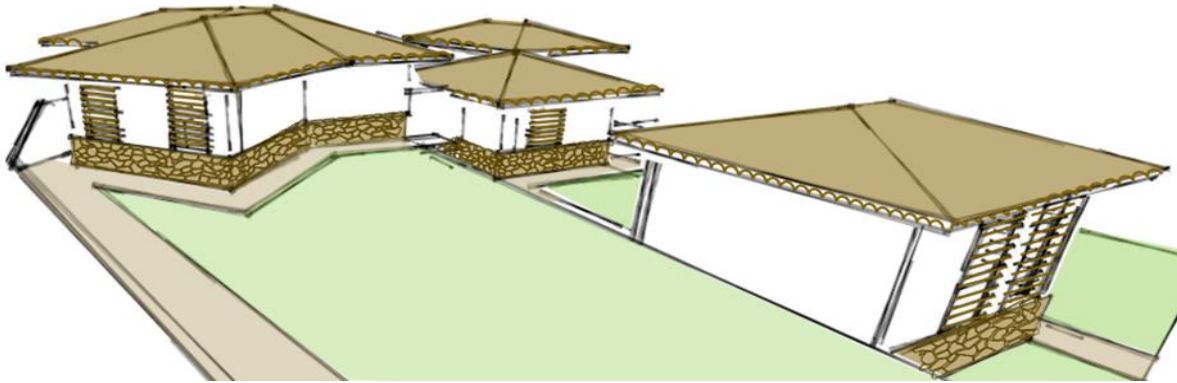
Figura 89. *Patio central*



Autoría propia en base de análisis anteriores (2022).

Muros de tapia: fueron mencionados anteriormente, los cuales fueron traídos por los españoles. Se construye un tapial, que consiste en una serie de elementos prefabricados o en forma de paneles de madera, en los que luego el material es compactado por las manos de los constructores hasta quedar compactado. (Autoría propia)

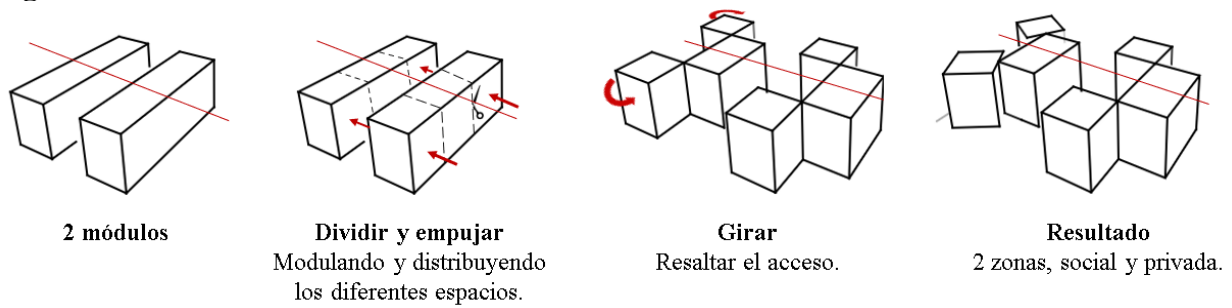
Cimientos: una estructura hecha de piedras unidas y conectadas al suelo, una estructura que protege contra la humedad y la lluvia. Las puertas y ventanas de madera, propia de la región. Teja de barro cocido y, dinteles en ventanas y puertas.

Figura 90. *Perspectiva del proyecto*

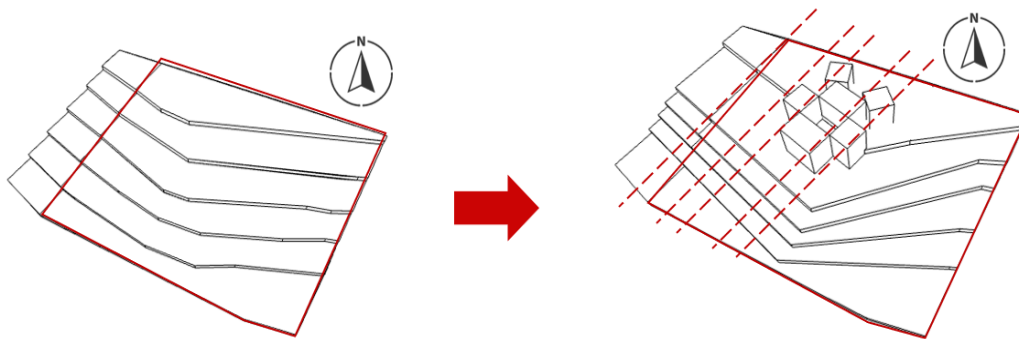
En la anterior figura se percibe que la vivienda contiene características de las viviendas de los santos, Santander tales como, cubierta en teja de barro, paredes en tapia pisada de un grosor de 50 centímetros, un zócalo de piedra para evitar la humedad, puertas y ventanas de madera.

4.4.2 Proceso de diseño

En este apartado se puede evidenciar la forma en la que, la volumetría tuvo un proceso de evolución, pero, primero se tomó como base la orientación del proyecto, para recibir el sol y los vientos de la mejor forma estratégica, preservando el soleamiento en las habitaciones, acumulando el calor para en la noche desprender esta energía. Asimismo, se ubicaron los vanos de forma noroeste para permitir ventilar el interior de los espacios. También se utilizaron conceptos de las viviendas en el municipio de los Santos, Santander. Y se utilizaron 2 zonas, 1 zona social, y otra zona privada.

Figura 91. *Proceso de diseño*

Por otra parte, el terreno fue modificado haciéndolo más uniforme respecto a la volumetría, vía de acceso y los ejes del proyecto.

Figura 92. *Lote y topografía*

4.4.3 Zonificación

En esta edificación la zonificación estuvo dividida en 3 zonas tales como, zona social, zona privada y zona de servicios, las tres aisladas y distribuidas de la mejor forma adaptado a los requerimientos de los usuarios.

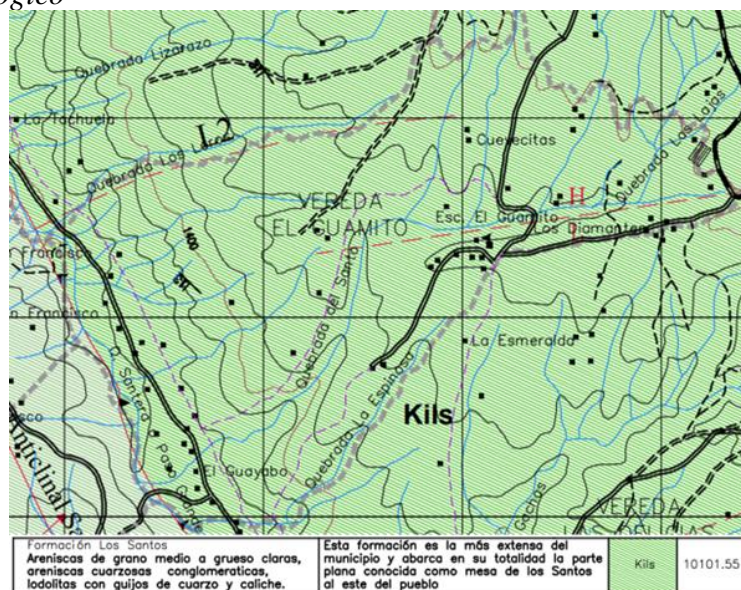
Figura 93. Zonificación



4.4.4 Materiales

Gracias a información suministrada por planeación de los santos Santander, se encontró un mapa geológico donde muestra puntualmente el tipo de formación geológica en la vereda el *Guamito*.

Figura 94. Mapa geológico



Adaptado del E.O.T. de los Santos, (2003).

Según las convenciones que conserva el mapa original geológico, la formación de los santos se encuentra al norte y al oeste de Mesa de Los Santos. Se divide en tres (miembro inferior, medio y superior) claramente definidos, se conservan lateralmente en la Mesa de Los Santos y al noreste de Curití; aunque con cambios laterales de espesor y granulometría. En este caso el *Guamito* hace parte del miembro superior, se caracteriza por tener areniscas de grano muy fino, de grano fino y de grano medio, algunas limolitas de cuarzo; algunas capas delgadas de arcillitas ilíticas, limolitas de cuarzo, areniscas de grano grueso y areniscas conglomeradas. (Díaz, Contreras, Pinto, 2009)

Por consecuencia, los materiales se tuvieron en cuenta como base para comprobar que la tierra si es apta como elemento de construcción en la tapia pisada Según el manual de construcción de tapia pisada del *Servicio Nacional de Educación (SENA)* Sena, 2018, p.12) indica que la granularidad óptima debe ser de: gravillas (0 al 15%), arenas (40 al 50%), limos (20 al 35%) y arcillas (15 al 25%) (SENA). Por otro lado, un estudio mostrado en la revista *Construction and Building Materials* (Gil y Gil, 2018, p.22).

Sugiere que la tierra ejemplar consiste en una combinación de arcillas (10-40%), limos (10-40%) y arenas del (35-65%), también mostró que el contenido de arcilla es el más importante, porque es la arcilla la que forma la fuerza cohesiva entre todas las partículas del suelo apisonado, también puede contraerse a medida que el bloque se seca después de construir el muro escalonado.

Entonces, la formación Los Santos, presenta en la zona de estudio rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y limolitas las cuales son óptimas para la construcción de tapia pisada.

4.4.5 Sistema constructivo

Conociendo la factibilidad de construir con tapia pisada, tenemos que recordar que La Mesa de los Santos se encuentra entre dos fallas, la falla de Bucaramanga al este y la falla de Suárez al oeste. Asimismo, según los sismógrafos instalados en el Cañón del Chicamocha, la ciudad registra entre 12 y 20 temblores diarios (El Tiempo, 2022) lo que convierte a esta parte del país, en el sitio sísmico más activo del planeta después de la región de Hindu Kush (Afganistán). y atraviesa los famosos Cárpatos (Rumanía).

Por consiguiente, se vio necesario fortalecer la tapia pisada con concreto reforzado. Se trata de una estructura interna de hormigón armado que cumple con las normas sísmicas para edificaciones nuevas. El muro se entrelaza con una estructura formada por vigas y columnas de hormigón armado. El mismo muro se utiliza como encofrado para la viga de apoyo superior, y se dejan algunos de los listones vistos para unir la cubierta.

Sus cimientos están excavados en el suelo, rellenos con cemento ciclópeo, los muros de contención soportan el suelo por un lado y por el otro, piedra labrada a la vista. En ambos casos, la última capa de piedra queda fuera del suelo y se utiliza como "carga" para soportar el muro. (Tocagua, s.f.)

4.4.6 Análisis de componentes sostenibles

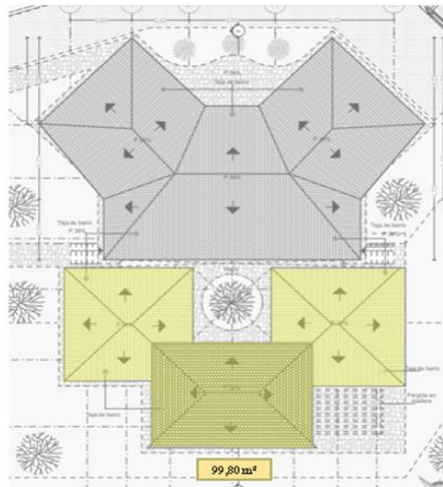
4.4.6.1 Análisis recolección de agua lluvia.

Cuando hablamos de abastecimiento de agua en el sector agrícola, nos referimos a todos aquellos sistemas, métodos y procesos que hacen posible el aprovechamiento, recuperación de las fuentes de agua de lluvia. (Agro pinos, 2023)

Sin embargo, para implementar este sistema se debe evaluar su factibilidad tomando como referencia las precipitaciones anuales, aunque, en el proceso de investigación se concluyó que no hay un mínimo de precipitación que nos demuestre que es posible, únicamente hay que cerciorarse que las precipitaciones no sean totalmente ausentes.

Por consecuencia, para el proceso de recolección de agua lluvia debe tomarse en cuenta algunos pasos, primero escoger el área de captación del proyecto, en este caso se escogió las cubiertas del segundo nivel de la edificación.

Figura 95. *Cubiertas de la edificación*



Seguido de esto, se recolectó una pequeña base de datos sobre la precipitación más reciente registrada en el IDEAM (Ideam, 2022), el año 2021; esta información servirá de ayuda para llevar a cabo ciertos cálculos.

Tabla 12. *Precipitación y Evaporación*

2021		
Precipitación	mm	Evaporación
Enero	0	135
Febrero	58,6	105
Marzo	27,8	135

2021		
Abril	0	105
Mayo	74,6	105
Junio	17,7	105
Julio	9,4	105
Agosto	130,2	105
Septiembre	107,6	105
Octubre	72	105
Noviembre	22,1	105
Diciembre	81	105
TOTAL ANUAL	601	1320

Teniendo los datos anteriormente mencionados, se prosigue paso a realizar ciertas fórmulas, primero una fórmula de oferta bruta para conocer los m³ que se podrían almacenar anualmente.

Tabla 13. *Formula oferta bruta*

Datos	Formula oferta bruta anual
P = Precipitación	OB = P x A
P = 601 mm/añual	OB = 0,601m x 99,80 m ²
P = 0,601 m/añual	OB = 57,97 m ³
Área = 99,80m ²	

Información brindada por Arq. Johanna Rúgeles (2023).

Asimismo, se prosigue a resolver otro cálculo, pero de oferta neta servirá para comprender m³ quedarían tomando en cuenta los valores de evaporación.

Tabla 14. *Fórmula de oferta neta*

Datos	Formula oferta neta anual
P = Precipitación	ON = (P – E) x A
P = 601 mm/añual	ON = (601mm – 110mm) x 99,80 m ²
Área = 99,80m ²	ON = 491mm x 99,80 m ²
Evaporación promedio anual = 110	ON = 49,00 m ³ = 4'900000 litros

Información brindada por Arq. Johanna Rúgeles (2023).

Después, conociendo cuantos m^3 se pueden recolectar, se debe escoger qué uso tendrá esta agua recolectada siendo así, la demanda anual. En este caso será de uso doméstico más específicamente para los sanitarios de la vivienda. En la siguiente tabla se muestran los datos específicos.

Tabla 15. *Demanda anual*

Datos	Formula oferta demanda anual	
1 sanitario = 4.8 litros x descarga	Litros = 4.8 litros x 4	
	Litros = 19,2 litros	
Según investigaciones recientes de <i>corona</i> , el promedio de descargas diarias por persona = 4 (El espectador, 2009)	Litros = 0,0192 m^3 x persona	Anual = 7,008 m^3 x 4
	Anual = 0,0192 m^3 x 365 días	Anual = 28,032 m^3 = 2,803.200 litros/12 meses
	Anual = 7,008 m^3 x persona	= 233.600 litros mensuales

Información brindada por Arq. Johanna Rúgeles, (2023).

Sin embargo, no se había evidenciado que los datos de evaporación son más altos que los datos de precipitación, demostrando que no es factible implementar un sistema de agua lluvia debido a que no supe el agua básica, solo en un 10%.

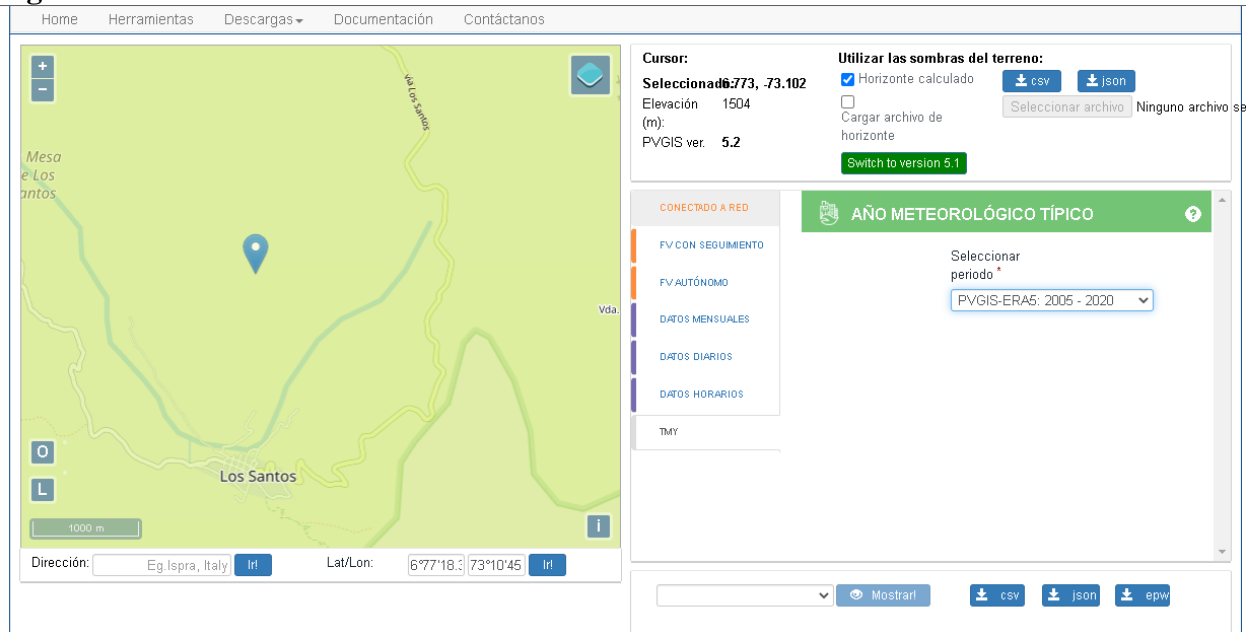
4.4.7 Análisis de componentes bioclimáticos

4.4.7.1. PVGIS. Es una herramienta web gratuita que proporciona información de la radiación solar y datos meteorológicos sobre una ubicación geográfica seleccionada. Además, fue desarrollada por la Unión Europea, específicamente por la EU Science Hub. (Smart Spain, 2022).

Así pues, se seleccionó la ubicación aproximada del proyecto lo que arrojó, un archivo meteorológico de los años 2005 a 2020, seguido de esto se descargó dicho archivo en formato epw

(Energy Plus Weather Data format) el cual se caracteriza por contener datos meteorológicos para ser usados en diferentes softwares de simulación energética.

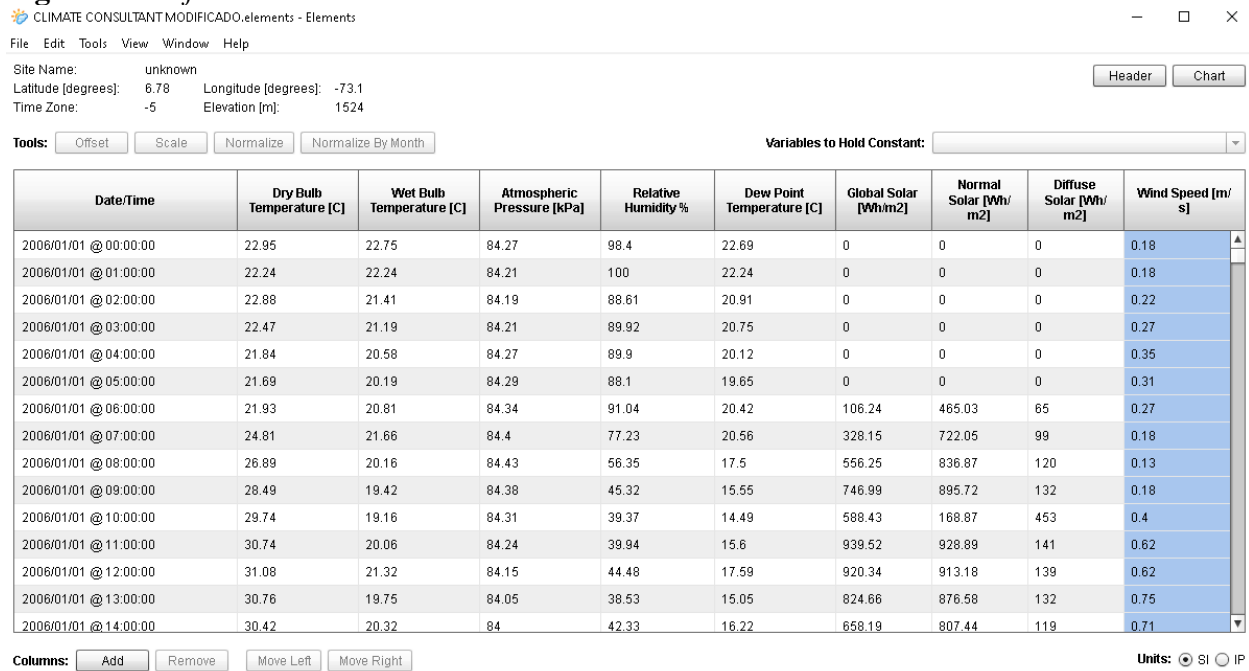
Figura 96. Herramienta online PVGIS



Tomado de Europa eu (2022).

4.4.7.2 Elements. Es un software de código abierto gratuito, usado para crear y editar archivos meteorológicos con el fin de diseñar edificaciones energéticas. (Bigladder, 2023) Por lo tanto, el archivo epw descargado se tomó como base para ser modificado con datos recolectados de la estación de *cenicafé* tales como, temperaturas máximas, temperaturas mínimas, humedad relativa y vientos tomados del IDEAM.

Figura 97. Software Elements



Software elements (2022).

4.4.7.3. Climate consultant. Es un software desarrollado por la Universidad de California, Departamento de Arquitectura y Diseño Urbano. Crea una tabla psicrométrica de Givoni a partir de un epw corregido y adaptado anteriormente, antes mencionado en *elements*. (Sociedad de educadores de ciencias de la construcción, 2021).

Figura 98. Software Climate consultant

Climate Consultant 6.0 (Build 17, Sep 24, 2021)

File Criteria Charts Help

LOCATION: unknown, -, unknown
Latitude/Longitude: 6.78° North, 73.1° West, **Time Zone from Greenwich** -5
Data Source: ECMWF/ERA unknown WMO Station Number, **Elevation** 1524 m

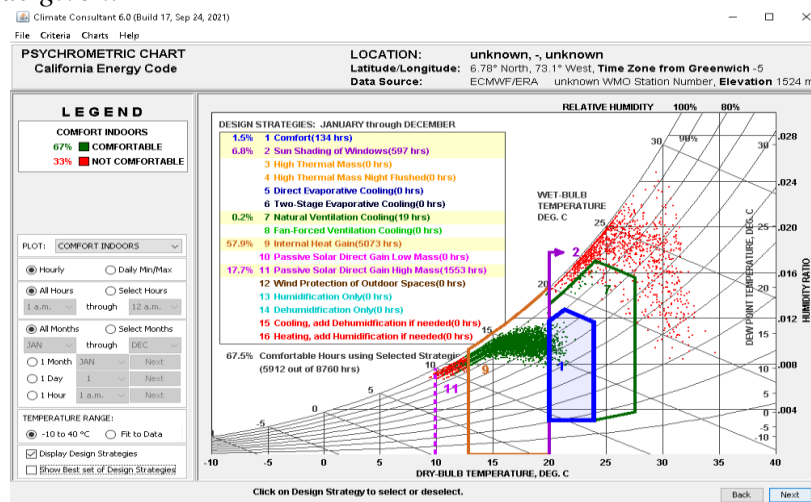
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	486	550	471	432	464	438	439	463	498	463	424	468	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	493	553	339	271	342	313	297	340	250	360	346	448	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	166	164	221	231	214	217	225	214	319	202	191	177	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	970	1032	1041	1039	1000	976	979	1023	1047	1030	991	939	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	941	935	893	908	900	887	863	892	903	917	940	921	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	498	518	545	546	527	500	512	534	1039	524	497	469	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	5665	6481	5646	5262	5725	5425	5427	5660	6000	5492	4964	5442	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	5747	6509	4062	3303	4224	3888	3677	4156	3017	4271	4054	5205	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1935	1937	2650	2814	2640	2696	2789	2616	3839	2397	2237	2058	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	54182	60684	51949	47775	51078	48136	48349	50892	54742	50888	46721	51455	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	46289	52194	32682	25985	32874	29655	28509	33025	23950	34795	33115	43218	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	25	25	14	15	14	14	14	14	14	15	14	14	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	22	22	12	13	13	12	12	12	12	12	11	12	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	86	84	88	88	89	89	89	90	88	85	83	83	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	310	170	160	160	160	160	160	160	160	160	310	170	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m/s
Ground Temperature(Not Available)													

Back Next

Tomado de software Climate consultant (2022).

En consecuencia, crea gráficos interpretativos de variables climáticas, originando una lista de 16 estrategias de control ambiental y diseños bioclimáticos pasivos y activos, compatibles con el sitio de estudio para lograr el confort térmico y la eficiencia energética.

Figura 99. Grafica de givoni



Tomado de Software Climate consultant (2022).

4.4.8 Estrategias bioclimáticas

En efecto, en esta sección se realizó un análisis de las diferentes estrategias que pueden emplearse en el Guamito, Santander; de las cuales se sugieren 8 para aproximarse a alcanzar un confort en la edificación. Asimismo, se tomaron en cuenta únicamente las estrategias pasivas.

4.4.8.1. Zona de confort. Corresponde a la humedad y las temperaturas, donde el cuerpo humano necesita la menor cantidad de energía posible para adaptarse al medio ambiente. Se consideran condiciones para una persona con ropa ligera, poca actividad muscular y en la sombra.

En el diagrama psicrométrico de Givoni, la zona de confort delimita un área donde, debido a los parámetros climáticos del interior, no es necesaria ninguna corrección constructiva para alcanzar el bienestar, y donde todo edificio reúne las condiciones para una sensación agradable de calor interior, si no hay luz solar directa en el interior. (Ramon ITC, p.354, 2021)

En este caso, la gráfica se encuentra adaptada al clima de los santos, la zona de confort está limitada entre el 60% y el 80% de humedad relativa, y las temperaturas entre el 20°C y 25°C.

4.4.8.2. Protección solar. Según la gráfica de Givoni adaptada al clima de Guamito, la protección solar se considera necesaria a partir de los 20°C y debe juntarse con otras estrategias similares.

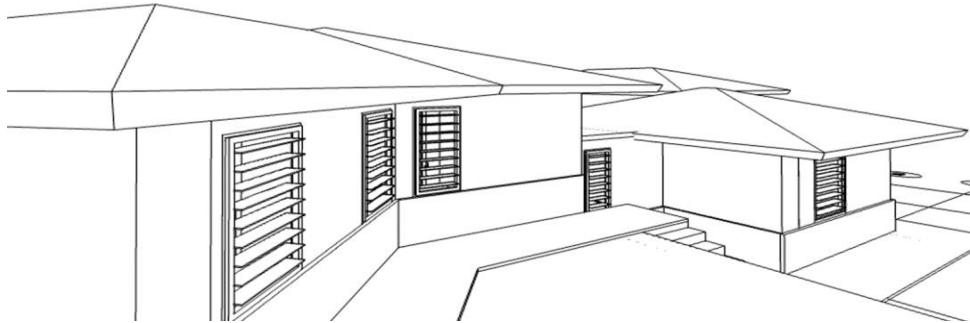
La función de estos sistemas es evitar que la radiación solar directa penetre en la superficie del edificio a través de las aberturas de ventilación o cualquier tipo de cerramiento. Es decir, los sistemas actúan como escudos protectores para detener dicha radiación. (Ramon ITC, p.373, 2021)

En este caso se tomaron las siguientes estrategias:

a) Celosías

Se ubican ventanas con celosías al interior, las cuales se pueden mover dependiendo la necesidad del usuario, dando paso a los rayos solares, ventilación o, impidiendo el paso de estos mismo brindando privacidad. (Durmi, 2022)

Figura 100. *Ventanas con celosías*

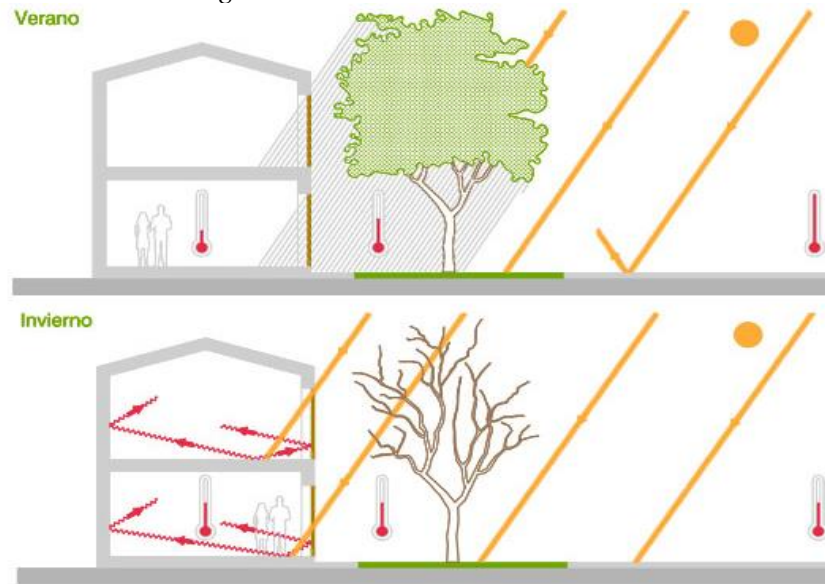


4.4.8.3 Vegetación. En verano, los árboles pueden bloquear hasta 90 grados de radiación solar. Además, bajan la temperatura del aire circundante por efecto de la sombra reflejada en las paredes y suelos. Y proporcionan un efecto refrescante a medida que el agua se evapora, lo que reduce la temperatura ambiente.

Los árboles de hoja caduca en particular son ideales para protegernos del sol en verano. La sombra creada por ellos evita el calentamiento de fachadas y revestimientos exteriores y lo más importante; actúan como protección solar y evitan que los rayos del sol entren en el edificio a través de las ventanas.

Por otro lado, con la pérdida de hojas en otoño, el sol pasa a través de sus ramas para calentar el edificio durante el invierno, lo que puede ayudar a ahorrar energía en el hogar. (Urbano & Ciurana, 2012).


Figura 101. *Protección solar con vegetación*



Tomado de Biuarquitectura.com (2022).

En este caso se escogió un árbol en específico de los santos para así ser factible esta estrategia.

Figura 102. *Árbol hayuelo*

Nombre	Familia	Origen	Descripción	Usos	Hoja	Medidas	Imagen
Hayuelo (<i>Dodonaea viscosa</i>)	Sapindaceae	América del Sur	Ancho promedio 7 cm x 2.5 cm de ancho, liso, elíptico lanceolado, margen completo; correaoso	Crece en suelo bajo, ácido, resistente a la sequía.	Semicaducifolia	Altura máx 7.00m	Hayuelo 

Tomado: As Villa luz (2022).

Nota. Vegetación predominante de Los Santos, Santander. Adaptado de CDMB (2009).

4.4.8.3. Refrigeración por ventilación natural. La zona denominada como refrigeración por ventilación natural ocupa un área del diagrama de Givoni comprendido entre el 18% y 72% de humedad relativa por la zona de confort, y por una línea quebrada vertical corresponde a 27,5°C, y que llega hasta el 68% de humedad.

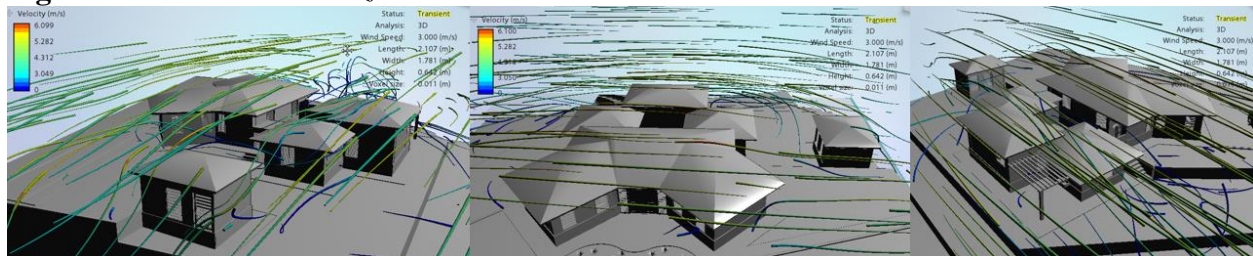
Con la ayuda de la ventilación se consigue la renovación del aire interior, que elimina el exceso de vapor de agua, incide en la máxima calidad del ambiente interior y mejora la sensación de calidez. La ventilación natural es especialmente útil en zonas donde hay bastante viento en verano y la humedad relativa es superior al 20%. (Ramon ITC, p.389, 2021)

El movimiento del aire al interior se puede producir por medio de diferentes estrategias, en este caso:

a) Ventilación cruzada

Se produce al realizar dos aberturas situadas en fachadas opuestas, que deben dar espacios exteriores. Estas aberturas se deben orientar en el sentido del viento, para aprovechar las brisas existentes. En este caso se dispuso de la orientación de ventanas y puertas de forma paralela, dando como consecuencia los espacios ventilados. (Ramon ITC, p.390, 2021)

Figura 103. Ventilación cruzada



Adaptado de Flow Design, (2022).

4.4.8.4. Ganancia de calor interna. La región del diagrama de Givoni denominada ganancia térmica interna abarca situaciones entre 13 °C y 20 °C donde se consiguen condiciones de confort aumentando la temperatura ambiente del recinto.

La ganancia interna es el calor sensible y latente generado en una habitación que eleva la temperatura y la humedad del espacio. Esto incluye fuentes de energía como personas, luces y otros dispositivos. (Ramon ITC, p.356, 2021)

a) Ocupación

Cada persona emite aproximadamente la misma cantidad de energía térmica que una bombilla (100-350 W). La cantidad exacta de energía depende de su sexo, edad y nivel de actividad. La cantidad total de energía térmica producida por los ocupantes del edificio determina, por tanto, el número de personas, cada actividad y la duración de la estancia.

b) Iluminación

La electricidad utilizada en la lámpara o bombilla se libera luego como energía térmica. Cuando la luz está encendida, la lámpara absorberá parte del calor emitido por la lámpara. Parte de este calor se transfiere al edificio.

La energía radiante es convertida por la habitación en calor después de haber sido absorbida por las superficies de la habitación.

c) Equipos eléctricos

Todos los elementos que transportan corriente, como las resistencias eléctricas, producen energía térmica. La carga eléctrica aumenta con los dispositivos, como televisores, computadoras, consolas de juegos, refrigeradores, cada vez más grandes. (Jácome, p.11-12, 2018)

Por consiguiente, estas cargas internas se ven reflejadas en las siguientes tablas de manera diaria:

Tabla 16. Actividades

Actividad	Watts	Personas	Horas	Total
Dormir	40	4	8 horas x persona	1.280W
Mantenerse sentado, comiendo	145	4	1 hora x persona	580W
Caminar	160	4	2 horas x persona	1.280W
Cocinar	100	1	1 hora x persona	100W
Lavar ropa	265	4	1 hora x persona	265W
Limpieza doméstica	150	4	1 hora x persona	600W
Estudiar sentado	115	2	1 hora x persona	230W

Adaptado de (Center for the Building Environment, 2022)

Tabla 17. Equipos e iluminación

Equipo	Watts	Cantidad	Horas	Días/semana	Total
Televisor	160	3	4 horas x día	7	1.920W
Bombillos	40	13	4 horas x día	7	2.080W
Computador portátil	110	1	3 horas x día	2	47,1428W
Lavadora	1200	1	2 horas x día	1	342,8571W
Licudora	330	1	30 minutos	7	99W
Sandwichera	26	1	20 minutos	3	2,2285W
Celular	18	4	2 horas x día	7	144W
Nevera	75	1	24 horas	7	900W
Equipo de sonido	100	1	2 horas x día	7	400W
Estufa	1000	1	2 horas x día	7	3000W
Plancha	1500	1	3 horas x día	1	642,857W
ENERGÍA TOTAL					=8571,05Wh/día

Adaptado de Auto solar (2022).

Asimismo, la anterior información fue comprobada gracias a la herramienta *CBE Center for the built environment*, se evaluó el confort térmico de los diferentes espacios por medio de diferentes valores mostrados en la siguiente tabla. Esta página web pronostica el confort térmico según norma ASHRAE Standard 55, mostrando los límites de confort en gráficos psicrométricos o de temperatura-humedad. Además, se menciona que este tipo de herramienta no funciona con el pronóstico de la actividad “durmiendo” ya que al realizar esta actividad se está en contacto con la ropa de cama, variando la temperatura.

Según la información de la tabla todas las actividades cumplen con el confort térmico dentro de la vivienda con la temperatura de 24.62 °C excepto “dormir”, pero este puede mejorar aumentando la temperatura con ropa de cama gruesa, en cantidad y, en cantidad proporcional.

Figura 104. *Actividades metabólicas*

Actividad	Temperatura operativa	Velocidad del aire	Humedad relativa	Tasa metabólica	Nivel de ropa	Cumple Confort térmico
Dormir	24.62 °C	3	87%	0.7	1 Clo	✘
Lectura, sentado	24.62 °C	3	87%	1.0	0.74 Clo	✔
Caminando	24.62 °C	3	87%	1.7	0.74 Clo	✔
Cocinar	24.62 °C	3	87%	1.8	0.5 Clo	✔
Limpieza de casa	24.62 °C	3	87%	2.7	0.36 Clo	✔
Escritura	24.62 °C	3	87%	1.0	0.74 Clo	✔
Sentado, tranquilo	24.62 °C	3	87%	1.0	0.74 Clo	✔

Adaptado de CBE Center for the built environment, 2022.

4.4.8.5. Masa alta de ganancia directa solar pasiva. En el diagrama de Givoni el área está comprendida entre 10°C de temperatura y una humedad relativa de 100%; estos datos se toman como base para, maximizar el alcance de confort al interior de la vivienda con sistemas de

aprovechamiento pasivo de energía solar. Por lo tanto, existen varias formas de lograrlo, en este caso se hará por medio de:

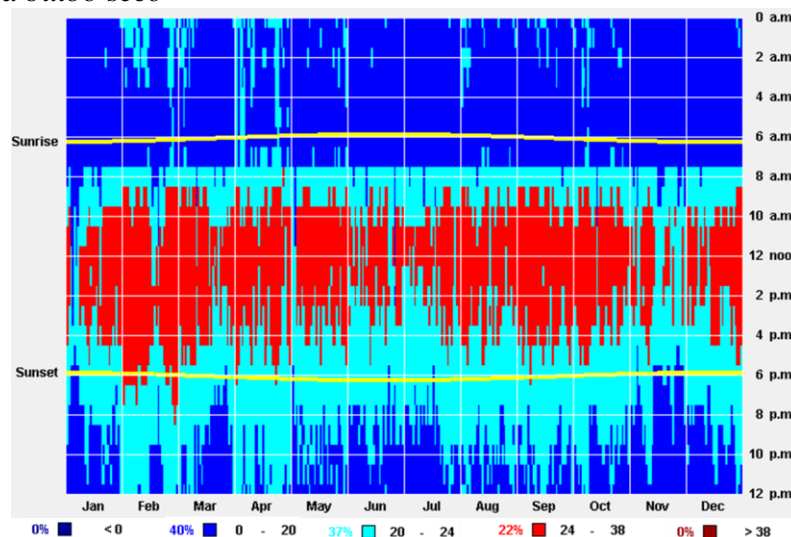
a) Captación directa

Se trata del aprovechamiento de la radiación solar, la cual ingresa directamente a través de la fachada y la cubierta. (Ramon ITC, p.357-358, 2021)

Sin embargo, la orientación de dichas paredes fue estratégicamente planeadas para que, se acumulara la energía necesaria en las horas óptimas del día, dichas horas son explicadas posteriormente.

La temperatura de bulbo seco es la temperatura real del aire húmedo y, a menudo, se denomina simplemente temperatura del aire; es la temperatura del aire indicada por un termómetro común.

Figura 105. *Temperatura bulbo seco*



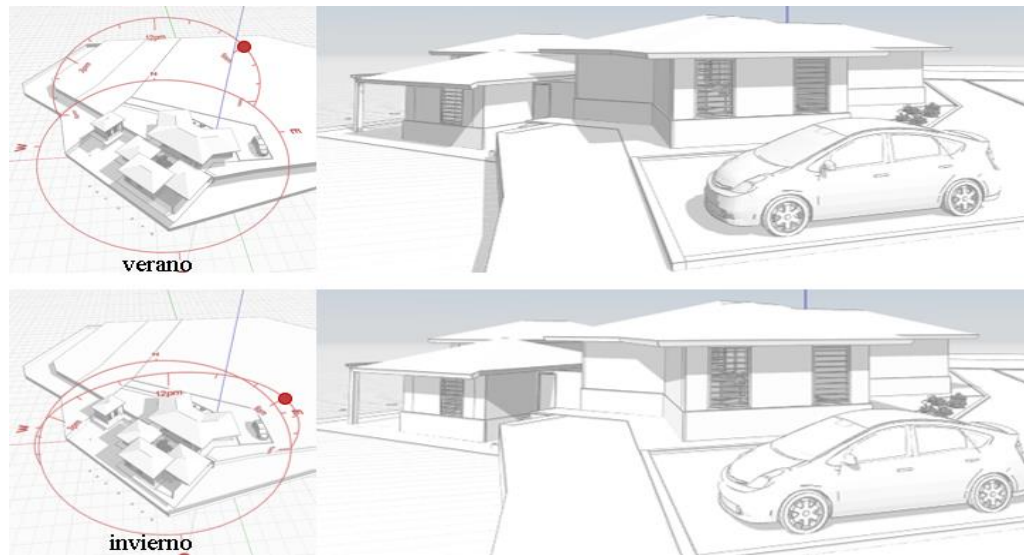
Tomado de Software Climate Consultant (2022).

En este gráfico se pueden ver las diferentes temperaturas que suelen presentarse en 24 horas. De 6:00 p.m. a 7:00 a.m. la temperatura disminuye bastante llegando a estar entre los 0 y 20°C. Mientras que de 8:00 a.m. a 6:00 p.m. La temperatura se encuentra en un estado confortable

de 20 a 24 °C. Pero, existen unas horas críticas que van desde las 10:00 a.m. a 4:00 p.m. donde el sol refleja más radiación a la vivienda. Estando entre los 24 y 38 °C.

Con base en esto, se orientó el proyecto y asimismo las habitaciones.

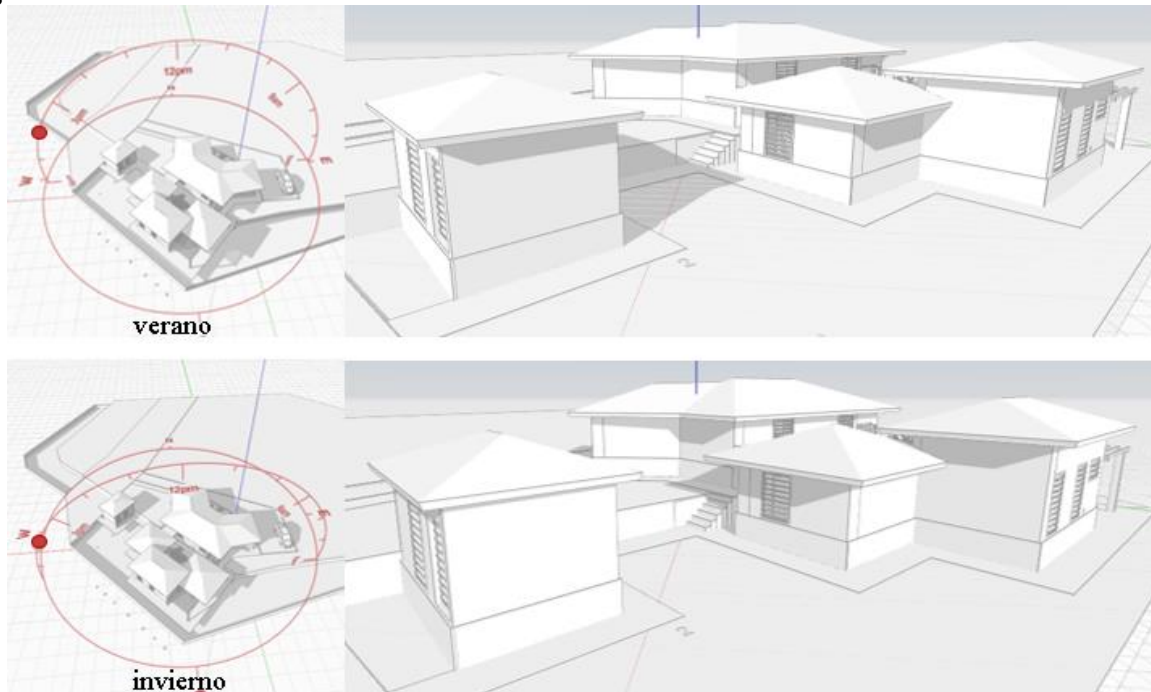
Figura 106. *Soleamiento en la mañana*



Adaptado de Software Formit (2022).

Se ubicaron los espacios de acuerdo con las horas donde son más ocupados, por lo tanto, la zona de servicios es la más influenciada por los rayos solares durante la mañana, generando así calor y energía durante las horas de la mañana, aumentando la temperatura de los espacios, contrarrestando el frío.

Asimismo, el sol de la tarde brinda energía a las paredes de dos habitaciones y el comedor, estos espacios serán los más importantes en la noche, sobre todo en las habitaciones permitiendo conseguir el calor equilibrado para dormir plenamente y buena temperatura.

Figura 107. Soleamiento en la tarde

Adaptado de Software Formit (2022).

b) Inercia térmica

Las estructuras de tierra tienen muy buena inercia térmica y un aislamiento razonable, dependiendo de la densidad del elemento construido, tiene mayor inercia o mayor aislamiento, según la técnica constructiva utilizada. La técnica de Tapial basada en suelo compactado tiene una alta densidad y por tanto una buena inercia térmica. von Mag, A., & Rauch, M. p.35, (2011). Sin embargo, la inercia térmica se conoce por la capacidad calorífica del material, que es la cantidad de calor almacenada por la misma unidad de masa cuando su temperatura aumenta un grado Celsius.

Esta capacidad calorífica de un material determina su inercia, se mide en unidades de $\text{Kcal/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ o $\text{J/m}^3 \cdot ^\circ\text{k}$ y se deriva de la multiplicación de las dos propiedades del material, el calor específico y la densidad. (Carmen Lirola, 2020), Según investigaciones previas se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 18. *Inercia térmica*

Calor específico	Densidad	Inercia térmica o capacidad calorífica
2.085 J/Kg °C	1.700 Kg/m ³	3.544 Kcal/m ³
Según Arquitectos Sen Fronteras	Según Editorial restauro	-

Adaptado de varios análisis, (Arquitectos Sen Fronteras, 2016), (Castellarnau, 2022), (Carmen Lirola, 2020).

En consecuencia, según (Arquitecta Adliol, 2020) recomienda, los valores o rangos a tener en cuenta, para comprobar que el material escogido si responde como masa térmica, en este caso:

Tabla 19. *Parámetros de masa termica*

Conductividad térmica media	Intervalo 0.5 a 2.00 W/m °C
Densidad Alta o muy alta	1.000 a 3.000 Kg/m ³
Calor específico Alto	1000 a 4.200 J/Kg °C

Tomado de Adliol, (2020)

Por consiguiente, todos los valores estaban existentes, pero la conductividad térmica se conoció según *la editorial restauro*. (Castellarnau, 2022).

Figura 108. *Parámetros tapia pisada*

Conductividad térmica	1.10 W/m °C	✓
Densidad	1.700 Kg/m ³	✓
Calor específico	2.085 J/Kg °C	✓

Adaptado en base a análisis anteriores. (2022).

Por ende, comparando la información o los intervalos que se deben tener en cuenta, la tapia pisada tiene los valores óptimos para su finalidad como masa térmica.

Por otra parte, se hizo necesario conocer e investigar a detalle la amortiguación de la onda y el desfase térmico en horas, comprobando que si es factible el material de la tapia pisada. Este análisis se hizo gracias (Vargas, s.f) quien fue el que suministro dicha hoja de cálculo, en ella se suministraron datos anteriormente mostrados tales como, conductividad, calor especifico y densidad de la tapia pisada. Arrojando como resultado una amortiguación de onda termica de 99,11% y, un desfase térmico 20,7 horas. Lo que quiere decir que la energía solar recibida durante la tarde será liberada 20 horas después en horas de la mañana, entonces la tapia en este caso funcionará como un aislante térmico, conservando la energía al interior de la vivienda mientras que, en la zona social si se libera la energía solar durante la noche, calentando el espacio interior, generando el confort térmico. En la figura x, se muestra dicha hoja de cálculo.

Figura 109. *Calculo inercia termica*

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor especifico J/(kgK)	Densidad kg/m3	Coefficiente penetración térmica b W*s ^{0.5} /(mK)	Resistencia térmica W/(m2K)
Exterior						
Tapia pisada	0,5	1,1	2085	1700	1974,58	0,45
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
Interior						0,45

Transmitancia térmica	W/m2K
... si se trata de un cerramiento vertical	1,60
... si se trata de una cubierta	1,68
... si se trata de un suelo	1,50

Cálculo	
Amortiguación de onda térmica en %	99,11
Desfase térmico en horas	20,7

Tomado de Academia.edu (s.f.).

4.4.9 Simulaciones energéticas

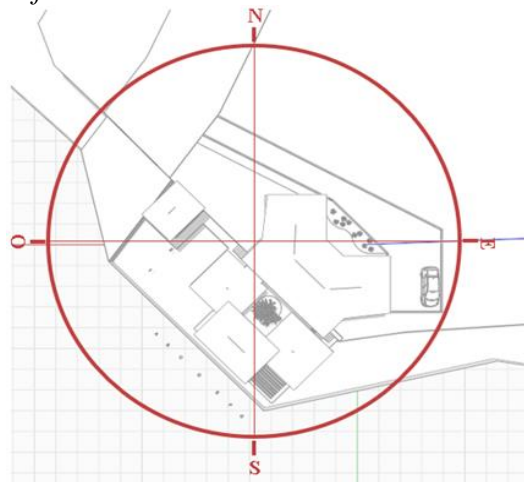
4.4.9.1. Simulación de Soleamiento.

a) Formit

Es un software de Autodesk diseñado para realizar estudios preliminares o modelados volumétricos, para luego ser exportados a programas arquitectónicos más detallados. Asimismo, se ha actualizado incorporando nuevas herramientas de estudio como, análisis de sol y sombras, análisis solar, análisis energético, entre otros. (Espacio BIM, 2020) Pero, en este caso se utilizó justamente para analizar el soleamiento durante las dos temporadas más importantes del año, estamos hablando de invierno y verano, por esto, se mostrarán imágenes demostrando cómo incide el sol en la vivienda de acuerdo con donde se implantó cada espacio o habitación de la edificación.

Sin embargo, primeramente, se mostrará la forma en la cual el proyecto fue implantado y así comprender las vistas 3D de las imágenes posteriores.

Figura 110. Orientación de la edificación



Adaptado Software Formit (2022).

En efecto, se hicieron simulaciones de soleamiento respecto a las zonas horarios más cruciales. En primer lugar, será presentado el soleamiento a las 9:00 de la mañana.

Figura 111. *Solsticio de verano 1*



Adaptado Software Formit (2022).

En este caso, se puede observar que durante junio los rayos se encuentran inclinados hacia el norte, por consiguiente, a las 9:00 de la mañana el sol incide desde la parte noreste en el volumen de la zona social, sobre todo ilumina los dos espacios que se encuentran a los costados correspondiendo a la sala y el comedor, pero también la cocina. Esta organización responde a la idea base, ya que se implantaron ahí debido a que durante las horas de la mañana son más usados estos espacios. En cambio, en los volúmenes correspondientes a las habitaciones y el almacenaje reciben menos energía debido a la sombra que genera el nivel social.

Figura 112. *Solsticio de invierno 1*



Adaptado Software Formit (2022).

En esta simulación, se puede ver que durante diciembre los rayos se encuentran inclinados hacia el sur por consiguiente, a las 9:00 de la mañana el sol es proyectado desde la parte sureste

iluminando paredes correspondientes al comedor, sala, habitación auxiliar y el patio de ropas. De la misma forma como se mencionó anteriormente, cumple con la iluminación necesaria para los espacios usados en las horas de la mañana. En contraste, las habitaciones y el almacenaje reciben mejor impacto solar, excepto la entrada del almacenaje y la entrada de la habitación auxiliar izquierda.

Sin duda, se hicieron las simulaciones de soleamiento pertinentes a las zonas horarios más esenciales. En segundo lugar, será mostrado el soleamiento de las 4:00 de la tarde.

Figura 113. *Solsticio de verano 2*



Adaptado Software Formit (2022).

En este caso, se puede observar que durante junio los rayos se encuentran inclinados hacia el norte, por consiguiente, a las 4:00 de la tarde el sol incide desde la parte noroeste en el volumen de la zona privada, sobre todo ilumina las dos habitaciones que se encuentran, una en la parte central y la otra en el costado izquierdo. Aunque las paredes del almacenaje también son reflejadas durante esta hora. Esta organización responde a la idea base, ya que se implantaron ahí debido a que durante las horas de la tarde los muros de tapia puedan recolectar el calor necesario para liberarlo en la noche, sobre todo en las habitaciones, resolviendo la baja temperatura nocturna.

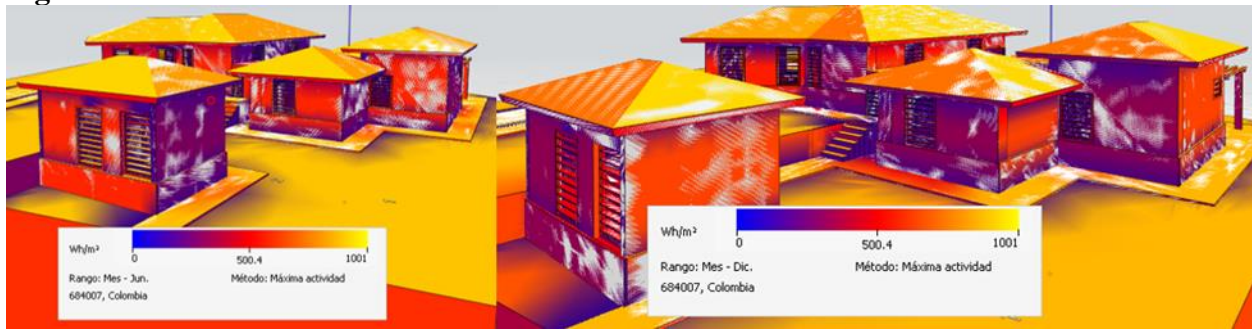
Figura 114. *Solsticio de invierno 2*

Adaptado Software Formit (2022).

En este sentido, se puede ver que durante diciembre los rayos se encuentran inclinados hacia el sur, por consiguiente, a las 4:00 de la tarde el sol es proyectado desde la parte suroeste iluminando paredes correspondientes a la habitación principal, la habitación posterior izquierda, almacenaje, pared trasera de la cocina y el comedor. De la misma forma como se mencionó anteriormente, cumple con la distribución óptima, provocando que la radiación solar eleve la temperatura de las paredes de las habitaciones, para posteriormente en horas de la noche, libera esta energía evitando bajas temperaturas nocturnas.

4.4.9.2. Simulación de radiación solar. La radiación solar es la energía emitida por el sol, la cual viaja en todas direcciones a través del espacio con la ayuda de ondas electromagnéticas, generadas en el núcleo del Sol como resultado de la fusión nuclear en reacciones de hidrógeno, emitiéndose desde la superficie del Sol. (IDEAM, s.f.)

Por lo tanto, se analizó esta energía acumulada por medio de la herramienta *FormitPro*. La simulación se realizó durante junio, el mes más crítico de verano y, diciembre el mes más crítico en invierno.

Figura 115. *Fachada lateral derecha*

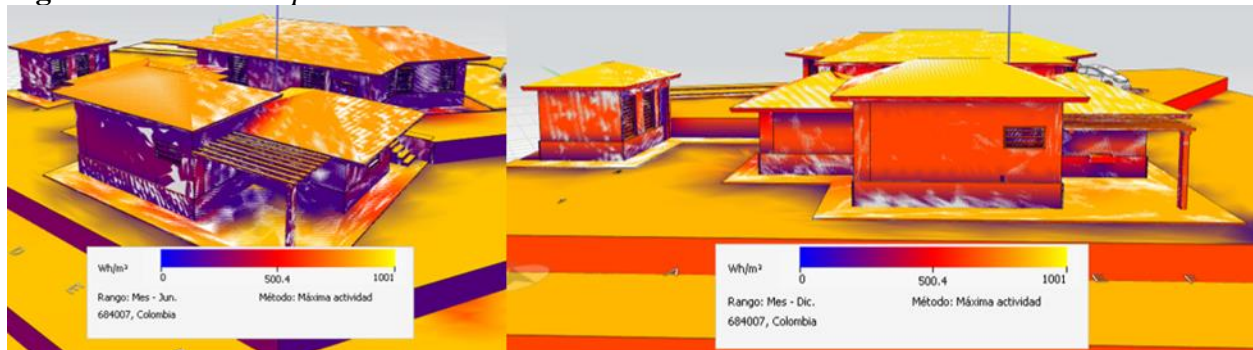
Adaptado de Formit Pro (2022).

En la anterior imagen se evidencia que, durante verano esta fachada recibe una alta radiación durante las tardes, coloreando en tonos naranjas oscuros estando entre 600 y 700 watts por metro cuadrado. Mientras que, durante el invierno la radiación disminuye estando entre 200 y 200 watts por metro cuadrado.

Figura 116. *Fachada frontal de acceso principal*

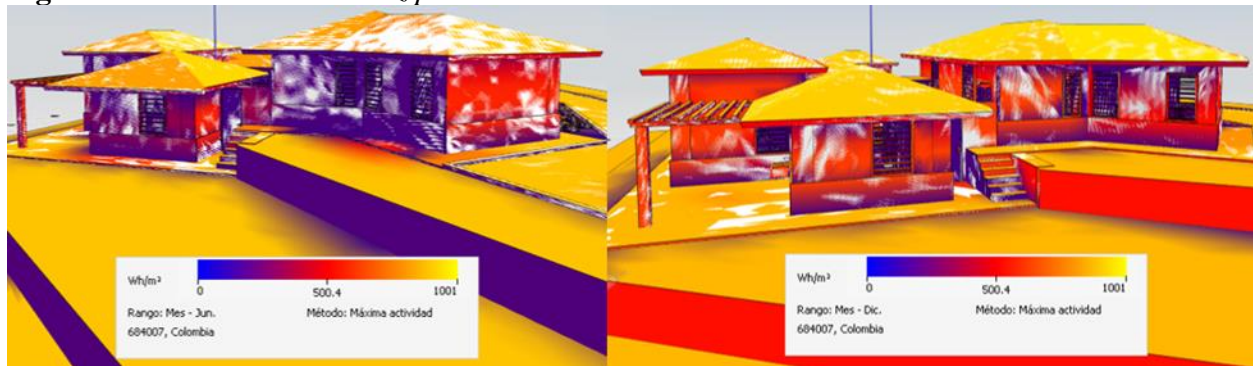
Adaptado de Formit Pro (2022).

Aquí se muestra que en la estación de verano se alcanza una radiación entre 300 y 400 watts por metro cuadrado. En cambio, durante el invierno la fachada recibe menos radiación entre 100 y 200 watts por metro cuadrado.

Figura 117. *Fachada posterior*

Adaptado de Formit Pro (2022).

En esta figura se observa que, durante verano los valores de radiación inciden en mejor medida, alcanzando los 300 y 400 watts por metro cuadrado. Mientras que, durante invierno la radiación aumenta estando entre los 600 y 700 watts por metro cuadrado beneficiando la temperatura interior, sobre todo en las habitaciones.

Figura 118. *Fachada lateral izquierda*

Adaptado de FormitPro (2022).

Se puede evidenciar que en el transcurso de verano la radiación solar disminuye alcanzando los 200 y 300 watts por metro cuadrado. En cambio, durante el invierno se logra una radiación más alta entre los 600 y 700 watts por metro cuadrado.

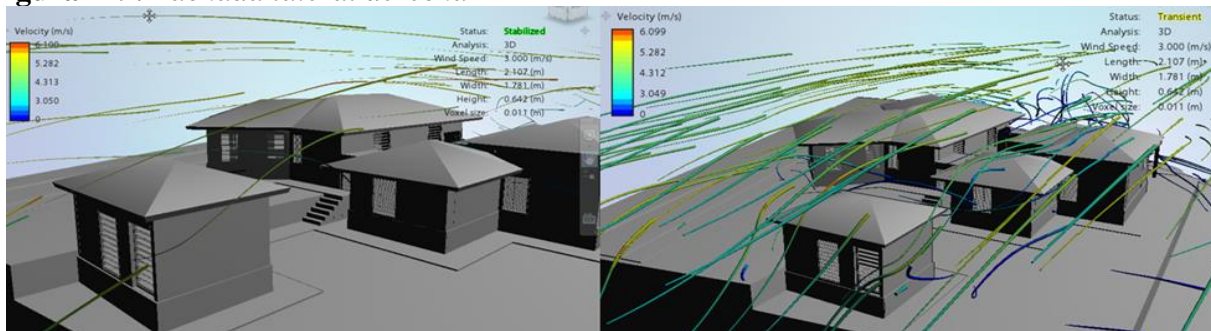
4.4.9.3. Simulación de ventilación.

b) Flow Design

El software Autodesk Flow Design simula pruebas de flujo de aire y túnel de viento alrededor de edificios, vehículos, periféricos, productos de consumo u otras estructuras virtuales. Gracias a la rápida salida de datos y al control intuitivo. (Cadesk, s.f.).

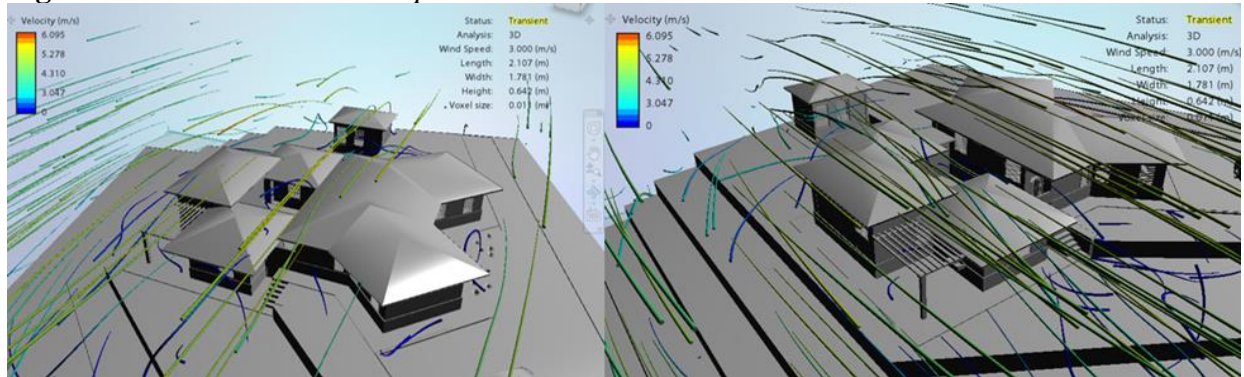
Por consiguiente, La dirección del viento es un punto fundamental para tener en cuenta en cualquier proyecto arquitectónico, en este caso, se tomó como base la dirección de los vientos predominantes, provenientes del noroeste, así que, la mayoría de las ventanas o vanos fueron orientadas en este sentido permitiendo mantener buena ventilación al interior de toda la vivienda.

Figura 119. Fachada lateral derecha



Adaptado de Software Flowdesign (2022).

En la anterior figura se puede notar la ubicación de las ventanas y, la forma en la que el viento fluye desde el noroeste, este tiene una velocidad de 3 metros sobre segundo e ingresa por las ventanas en sentido noroeste – noreste manejando una ventilación cruzada.

Figura 120. Fachada lateral izquierda

Adaptado de Software Flowdesign (2022).

En este caso, se puede ver las diferentes ventanas ubicadas en esta fachada, demostrando que, si funciona la ventilación cruzada permitiendo, el paso del viento proveniente del noroeste y liberándose en sentido noreste provocando consecuentemente la ventilación en todas las estancias de la edificación, gracias a la buena ubicación de los vanos.

5. Conclusiones

El propósito fundamental de este proyecto, desde el inicio fue buscar una solución frente a la escasez de agua que siempre se ha presentado en el municipio de Los Santos, sin embargo, no fue el único punto que se analizó durante todo el proceso. La vivienda propuesta se quería proyectar no solo para recolectar agua si no también, para generar un bajo impacto ambiental, confort en los usuarios preservando la arquitectura de Los Santos desde sus inicios. Por consecuencia, fue necesario hacer encuestas con los pobladores de la zona conociendo desde su experiencia como era vivir en la vereda el *Guamito*, y en qué condiciones se encontraba sus viviendas. Lo que ayudo a escoger y proponer una edificación factible.

También, otro punto importante, que fue la base fundamental, fue la recolección de datos meteorológicos gracias, a la estación pluviométrica del *IDEAM* y la estación climática de Cenicafé, las cuales se insertaron en dichos softwares como, *Elements*, *Climate consultant*, dando como resultado las estrategias bioclimáticas para dicha vivienda rural. Asimismo, se evaluó la posibilidad de implantar un dispositivo para la recolección de agua lluvia, pero desafortunadamente los cálculos arrojaron que el sistema recolectaría muy poca agua, ya que se presentan mayor cantidad de evaporación que de precipitación.

Mas a detalle, con la ayuda del software *Climate Consultant*, anteriormente mencionada, se examinaron dichas estrategias, para ser aplicadas al proyecto y brindarle confort al usuario, teniendo una vivienda rural apta a sus necesidades de vida, sobre todo, preservando la arquitectura que implantaron los españoles y los indios guane desde sus inicios. Resaltando así, la importancia de la historia, la escogencia de materiales autóctonos, haciendo la diferencia frente a las ultimas edificaciones construidas en la vereda en sistema tradicional que, solo generan más contaminación con sus métodos constructivos.

Al final del proceso constructivo se evaluaron los resultados en programas tales como, *Formit* y *Flow Design* donde se evidencio que la vivienda cumple con sus estrategias bioclimáticas, siendo así una construcción viable para esta ubicación.

Pero, lo que si se debe resaltar es, recapitular si el proyecto resolvió la pregunta problema:
¿Qué elementos arquitectónicos debería contener una vivienda con un bajo impacto ambiental y climático, tomando en cuenta los principios de la arquitectura bioclimática y el aprovechamiento del recurso hídrico, en la vereda El Guamito, del municipio Los Santos, Santander, Colombia?

Por lo tanto, se resolvió que elementos arquitectónicos que tendría una vivienda de bajo impacto ambiental, pero no el aprovechamiento del recurso hídrico. Por otro lado, este proyecto puede servir como guía para muchos arquitectos que, no saben de primera mano cómo proponerle a una edificación estrategias bioclimáticas siguiendo un paso a paso muy descriptivo. Sobre todo, proponiendo e incentivando el uso de materiales autóctonos, preservando las raíces de dicha ubicación y, teniendo siempre en cuenta el usuario que habite determinado espacio.

Referencias

- Acevedo Agudelo, H. y Hurtado Sarmiento, Y. (2021). Hábitats rurales dignos e integrados al territorio colombiano. Reflexiones sobre los factores que favorecen su generación. *Bitácora Urbano Territorial*, 32(1), 107–119. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v32n1.98481>
- Alcaldía de Los Santos. (s.f.). Información del municipio. Consultado el 15 de diciembre de 2022 de: <https://www.lossantos-santander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Aquino Aquino, I.S. (2018). Aplicación de sistemas de ventilación natural para el confort térmico en los ambientes de una vivienda unifamiliar distrito La Merced [Tesis de grado, Universidad Continental], repositorio Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4990>
- ArchDaily Colombia. (11 de mayo de 2018). *Bahareque, una técnica constructiva sismo resistente en Colombia*. Consultado el 15 de noviembre de 2022 en <https://www.archdaily.co/co/892994/bahareque-una-tecnica-constructiva-sismoresistente-en-colombia>
- ArchDaily Colombia. (11 de febrero de 2019). *Casa Lasso / Rama Estudio*. Consultado el 15 de noviembre de 2022 en <https://www.archdaily.co/co/910992/casa-lasso-rama-estudio>
- ArchDaily Colombia. (27 de febrero de 2019). *Prototipo de vivienda rural sostenible y productiva en Colombia, por FP Arquitectura*. Consultado el 15 de noviembre de 2022 en <https://www.archdaily.co/co/912225/prototipo-de-vivienda-rural-sostenible-y-productiva-en-colombia-por-fp-arquitectura>

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad Pontificia Bolivariana. (2015). Guía 4: guía para el diseño de edificaciones sostenibles. Guías de Construcción Sostenible. https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf
- Barranco, O. (2015). La arquitectura bioclimática. *Módulo Arquitectura CUC*, 14(2), 31-40. <https://doi.org/10.17981/moducuc.15.1.2015.03>
- Conforme-Zambrano, G de C. y Castro-Mero, J.L. (2020). Arquitectura bioclimática. Polo del Conocimiento, 5(3), 751-779. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1381/2506>
- Da Casa Martin, F., Celis D'Amico, Flavio y Echeverría Valiente, E. (2019). Metodología para elaborar una cartografía regional y aplicar estrategias bioclimáticas según la carta de Givoni. *Revista Hábitat Sustentable*, 9(2), 52 -63. <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.05>
- Decreto 1341 de 2020 [con fuerza de ley]. Por la cual se adiciona el Título 10 a la parte 1 del libro 2 del Decreto 1077 de 2015 en relación con la Política Pública de Vivienda Rural. 8 de octubre de 2020.
- Departamento Nacional de Estadística [DANE]. (2022). Boletín Técnico: Déficit Habitacional 2021. Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV). <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/deficit-habitacional/Boletin-tec-deficit-hab-2021.pdf>
- Floréz Duarte, L.J. (2019). Optimización de la Cobertura y Abastecimiento del Servicio Público de Agua Potable en el Municipio de los Santos, Santander [Tesis de grado, Universidad de

- Santander, UDES]. Repositorio Universidad de Santander, UDES.
<https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/1082>
- Franco, J. T. (5 de junio de 2014). Perú: ONG construye prototipo de vivienda sostenible centrado en la recolección de las aguas-lluvia. Consultado el 15 de noviembre de 2022 de:
https://www.archdaily.co/co/02-367459/peru-ong-construye-prototipo-de-vivienda-sostenible-centrado-en-la-recoleccion-de-las-aguas-lluvia?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all
- Garzón, B. (2011). *Arquitectura bioclimática*. Editorial Nobuko.
<https://elibro.net/es/ereader/usta/77681?page=16>
- Guardiola Lince, C. (2018). *La gestión pública de la vivienda rural en Colombia : una mirada hacia la estructura administrativa del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Séneca, repositorio institucional.
<http://hdl.handle.net/1992/35127>
- Izard, J. L. y Guyot, A. (1980). *Arquitectura bioclimática*. Editorial Gustavo Gili.
- Jaimes Tami, C.C. (2019). *Análisis de la Política Pública de Agua Potable para el Sector Rural en el Municipio de Los Santos - Santander, Periodo 2014-2017* [Tesis de maestría, Universidad de Santander, UDES]. Repositorio digital.
<https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/3030>
- Martín Díaz, Nathaly. (2016). *Arquitectura tradicional colombiana como sistema pasivo de aprovechamiento energético* [Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional,
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/tarquitectura/article/view/1769>

Pérez Pinilla, J.D. (2020). Análisis de precios unitarios de construcciones tradicionales en tapia pisada en Boyacá y Santander [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11349/25532>

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU - Hábitat]. (abril de 2019). Elementos de una vivienda adecuada. <https://onuhabitat.org.mx/>. Consultado el 15 de noviembre de 2022 en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU - Hábitat) (2018). Vivienda y ODS. https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/VIVIENDA_Y_ODS.pdf

Resolución 0536 de 2020. Por la cual se reglamentan algunos artículos del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Resolución 0410 de 2021. Por la cual se adopta el Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda de Interés Social Rural PNVISR en el marco de la Política Pública de Vivienda de Interés Social Rural. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Rivera Espinosa, R. (2017). Etnoarquitectura y sistemas constructivos en México y Colombia. Universidad de Málaga.

Rodríguez-Potes, L., Villadiego-Bernal, K., Padilla-Llano, S.E. y Osorio-Chávez, H. (2018). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia, una mirada al marco reglamentario. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 19-26

- Silva Rojas, L.M., Vecino Torres, P.V. y Jiménez, H.J. (2018). La tapia pisada como técnica constructiva vernácula [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11634/13851>
- Simancas Yovane, K. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio tesis doctorales TDX. <http://hdl.handle.net/10803/6113>
- Turégano Romero, J.A., Velasco Callau, M del C. y Martínez Gracia, A. (Eds.). (2009). *Arquitectura bioclimática y urbanismo sostenible*. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Alcaldía de Los Santos. (2003). *Esquema de Ordenamiento Territorial*.
- Alcaldía de Los Santos. (s.f.). Información del municipio. Consultado el 15 de diciembre de 2022 de: <https://www.lossantos-santander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Multipod Studio. (2014). *Pop-Up House / Multipod Studio / ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/486587/pop-up-house-multipod-studio>
- Departamento Nacional de Estadística [DANE]. (2022). Boletín Técnico: Déficit Habitacional 2021. Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV). <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/deficit-habitacional/Boletin-tec-deficit-hab-2021.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación, DNP. (s.f.). Vivienda y entornos dignos e incluyentes. <https://www.dnp.gov.co>. Consultado en: <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pilares-del-PND/Equidad/Vivienda-y-entornos-dignos-e-incluyentes.aspx#:~:text=Ruta%20al%202030,y%20espacios%20deportivos%20y%20culturales>

- Díaz Rueda, J. (2017). Modelos de vivienda rural productiva eco-sostenible : Puente Nacional, Santander [Tesis de grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/2040>
- Floréz Duarte, L.J. (2019). Optimización de la Cobertura y Abastecimiento del Servicio Público de Agua Potable en el Municipio de los Santos, Santander [Tesis de grado, Universidad de Santander, UDES]. Repositorio Universidad de Santander, UDES. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/1082>
- Garzón, B. (2011). Arquitectura bioclimática. Buenos Aires, Argentina, Argentina: Editorial Nobuko. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/usta/77681?page=16>
- Jaimes, C.C. (2019). Análisis de la Política Pública de Agua Potable para el Sector Rural en el Municipio de Los Santos - Santander, Periodo 2014-2017 [Tesis de maestría, Universidad de Santander, UDES]. Repositorio digital. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/3030>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). Política de vivienda rural. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/politica-de-vivienda-rural#:~:text=La%20Pol%C3%ADtica%20de%20Vivienda%20Rural,de%20soluciones%20de%20vivienda%20digna>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). Política pública de vivienda de interés social rural. Documento técnico.
- ONU (s.f.). Objetivos de desarrollo sostenible. 11 Ciudades y comunidades sostenibles. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU - Hábitat) (abril de 2019). Elementos de una vivienda adecuada. <https://onuhabitat.org.mx/>. Consultado el 15

de noviembre de 2022 en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU - Hábitat) (2018).

Vivienda y ODS.

https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/VIVIENDA_Y_ODS.pdf

Sánchez, J.C. (2021). Análisis del comportamiento termodinámico de la tipología de vivienda rural productiva actual del corregimiento de Berlín [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás].

Repositorio Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/34027>