

DISEÑO DE VIVIENDA RURAL BIOCLIMÁTICA PARA CLIMA FRÍO- HÚMEDO ANDINO. CASO DE ESTUDIO FACATATIVA-COLOMBIA

DESIGN OF RURAL BIOCLIMATIC HOUSE FOR COLD HUMID ANDEAN WEATHER. FACATATIVA- COLOMBIA CASE STUDY

PRESENTADO : 25.09.20
ACEPTADO : 12.01.21

DOI: <https://doi.org/10.47796/ra.2020i18.440>

CÉSAR ANDRÉS SÁNCHEZ AMAYA¹, ADER AUGUSTO GARCÍA CARDONA²

RESUMEN

En el presente documento propone modelos de viviendas rurales productivas con criterios bioclimáticos, enfocados para el clima frío - húmedo colombiano, a partir del análisis de las viviendas rurales tradicionales existentes de la zona de referencia. El caso de estudio se ubica en la cordillera central colombiana, una región con características climáticas muy diversas, ya que posee fuertes vientos, variaciones de temperaturas al día de 0°C hasta de 20°C con efectos de heladas en las madrugadas y una humedad relativa alta. Además de esto con una precipitación promedio de 1.000 mm durante todo el año. Tradicionalmente las viviendas rurales son compactas en formas rectangulares y con cubiertas de una variedad de pendientes adicionalmente tiene un andén perimetral de la vivienda y un espacio como porche, entre otros. Tanto la característica climática, como los factores tipológicos de las viviendas tradicionales estudiadas, generan en las unidades habitacionales gran cantidad de horas al año con incomodidad térmica, incentivando al aumento de consumo energético para la obtención de ganancia térmica.

Se construyeron tres prototipos de vivienda rural con criterios bioclimáticos pasivos, mejorando el desempeño térmico al

ABSTRACT

The following document aims at deploying rural productive housing models based on bioclimatic design items focalized on cold humid Andean weather, and starting from the analysis of traditional dwelling in the area. The case study is located in Facatativá, a town in Cundinamarca, which is a region with diverse climatic features due to its strong wind, temperature variations from 0° Celsius during the day until 20° Celsius at late night with frost seasons in the early morning, and a high relative humidity. On top of that, precipitations are quite high over the year. As a tradition, rural dwelling has characteristics of compact buildings with proper local elements like pedestrian corridors around the house as well as the porch, among others. These features of climate, as well as the mentioned architectural typology factors of the analyzed house prototypes, generate thermal discomfort on habitat units in a big time period of the year, raising energy consumption to obtain thermal gain.

Through these housing models, the main goal is to propose passive energy strategies for rural households, enhancing comfort levels on houses' interior; developing a base guideline for future rural dwelling design and building in the case study area, and therefore helping to nurture people's life quality and reduce energy

¹ Arquitecto de la Universidad San Buenaventura. Facultad de Artes Integradas. Medellín-Colombia. Cesararq48@gmail.com

² Arquitecto de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Tecnologías Avanzadas en la Construcción de la Universidad Politécnica de Madrid, Especialista en Ergonomía de la Universidad de Antioquia y Doctor en Ciencias Técnicas Especialidad Arquitectura, del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. agarcia@unal.edu.co

interior de las viviendas; intentando fomentar una guía base de diseño para las futuras construcciones de viviendas rurales de la zona, de esta manera ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas y a reducir el consumo energético de las construcciones como a la operatividad de las viviendas.

PALABRAS CLAVE: Vivienda, Rural, Confort, Bioclimática, Clima andino, Estrategias bioclimáticas, Vivienda bioclimática.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo propone criterios de diseño para viviendas rurales para mejorar el desempeño térmico al interior de la vivienda y el mejoramiento de las condiciones físicas de las viviendas dirigidas a las familias rurales de la zona de estudio.

Existe la problemática habitacional de la población rural en Colombia, tal como lo muestra, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Colombia tiene un total de 13.8 millones de hogares, de los cuales el 78.4% está establecido en las cabeceras, el 6.6% en centros poblados y el 15% está ubicado en clase rural disperso. En el 2018 la muestra de hogares fue de 10.570.899, con un déficit de vivienda de 36.2%, el 12.4% en déficit cuantitativo y el restante 23.8% en déficit cualitativo (Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018) Identificando que el déficit habitacional cuantitativo (parte del supuesto de que todo hogar requiere una vivienda) se asocia con la construcción de vivienda nueva y el déficit cualitativo se refiere a los problemas estructurales de materiales, hacinamiento, deficiencia de redes de servicios, seguridad, entre otros y lo asocia con el mejoramiento de viviendas, barrios y asentamientos; además de referirse a las condiciones de respuesta de una vivienda con el clima (Muñoz Varela & Rodríguez Plata, 2009).

consumption regarding building environment and home's operability.

KEYWORDS: housing, Rurality, comfort, bioclimatic, Andean weather, Bioclimatic strategies, Bioclimatic housing.

Hasta el momento las políticas públicas generadas a partir de la carta magna del país y las acciones descentralizadas desarrolladas por municipios y departamentos no han generado el impacto requerido para atender eficientemente las problemáticas de la vivienda de interés social, y por ello se ha generado debates y cuestionamientos acerca de las condiciones y la calidad de la vivienda de interés social urbana y rural. (Romero, 2009). Es importante destacar que, la vivienda de interés social es una de las políticas públicas para reducir la pobreza en Colombia, el desarrollo de vivienda de interés social como política para mejorar las condiciones económicas de la nación es insuficiente puesto que contiene varias falencias tales como; poca integración social, mala implementación de diseños arquitectónicos y el uso de materiales tóxicos para la población que habite estas viviendas. Identificando que las normas dictadas para la construcción de vivienda de interés social fueron diseñadas en función económica y políticas, pasando así por alto las formas de vida de cada familia beneficiaria de estas mismas, así como los hábitos domésticos, las tradiciones, y el bienestar de las familias al interior de estas viviendas.

Otro de los problemas fundamentales actuales es el desplazamiento a la zona central del país (Bogotá y municipios aledaños). Se observa como un acto involuntario, el cual está

precedido por problemas económicos y de violencia de las zonas rurales en decadencia. (Unidad para la atención y reparación integral a las víctimas 1984-2017).

Según (Colombia. Sistema de Estadísticas Territoriales (TerriData), 2018)(Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018) para el municipio de Facatativá el déficit cuantitativo de vivienda es de 14.2%. Así mismo el déficit cualitativo del municipio de Facatativá tuvo un porcentaje de 6.3%. Por estas condiciones se construye una pregunta de investigación para el desarrollo de esta investigación:

¿Cómo mejorar el desempeño térmico al interior de la vivienda rural productiva del Municipio de Facatativá, mediante estrategias pasivas de bajo costo?

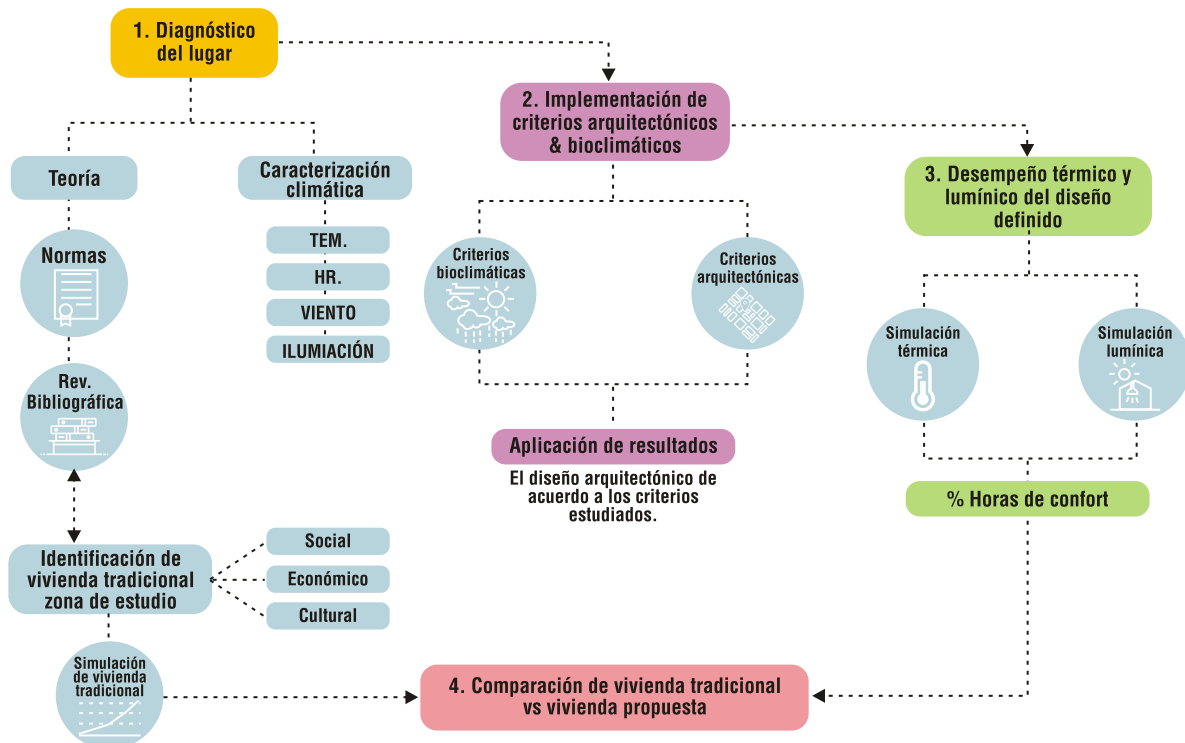
(Bedoya Montoya, 2011) A través del desarrollo de proyectos a pequeña escala se ha podido evidenciar que la Vivienda de interés social sustentable (VISS) es factible técnica y económicamente, dando por hecho su

viabilidad ambiental. Se trata de experimentar diferentes técnicas y distintos materiales, sumados a un diseño arquitectónico de alta calidad ambiental. Sin embargo, aunque estas experiencias han demostrado ser válidas, no estamos haciendo mucho por sacar un beneficio colectivo, pues mientras en un municipio o ciudad se construye una VISS, en el mismo territorio la administración construye un proyecto multifamiliar que no contempla los mínimos lineamientos de sostenibilidad (p. 4).

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología desarrollada es analítica, comparativa, deductiva; realizada en cuatro etapas (ver figura 1), la primera etapa se define como “Diagnostico del lugar” identificando en primera instancia el análisis del contexto, caracterizado por los aspectos físico ambientales y los aspectos físico espaciales de las viviendas tradicionales de la zona. La segunda etapa se identifica como el desarrollo

Figura 1. Esquema de metodología



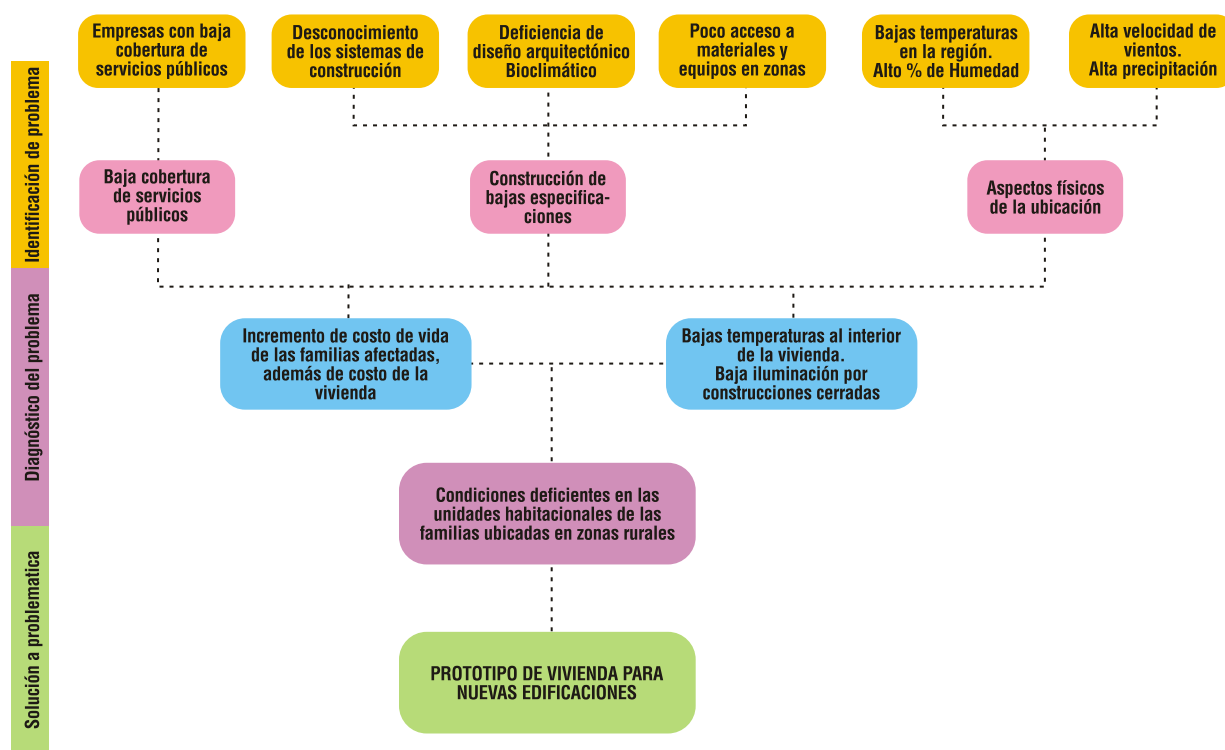
de las propuestas diseñadas con base en los criterios bioclimáticos y arquitectónicos implementados de acuerdo al análisis de la primera etapa; en la tercera etapa se desarrolla un análisis del desempeño térmico y lumínico de las propuestas de viviendas desarrolladas en la etapa anterior y por último se emplea una comparación del desempeño térmico y lumínico de la vivienda de caso de estudio, obtenida por el diagnóstico del lugar con las viviendas propuestas y analizadas con el fin de poder demostrar las condiciones de confort térmico que se presentan en cada una de estas viviendas.

En la figura 2, se identifican los aspectos físicos de falencias que se encuentran en las viviendas del sector rural de la zona de estudio.

En primer lugar, se identifican los tipos de problemáticas que se pueden encontrar en

los procesos de viviendas de interés social rural (VISR) en la zona de caso de estudio, los cuales están divididos en 3 aspectos: cobertura de servicios públicos, especificaciones constructivas y estudio de los aspectos físico ambientales de la zona (ver figura 2). Luego de identificar estas problemáticas se desarrolló un diagnóstico correspondiente a las problemáticas identificadas en la zona de estudio, en este caso el diagnóstico de las problemáticas evidencia que hay un incremento de costo de vida y de construcción de la vivienda; además de esto las viviendas no poseen un buen desempeño térmico, lo cual no da una buena respuesta a las condiciones ambientales, ya sea por elección de materialidad, orientación de las viviendas, diseños arquitectónicos no pensados para la relación de la vivienda rural con las condiciones climáticas.

Figura 2. Mapa conceptual de problemáticas y diagnóstico, para el desarrollo de prototipos.



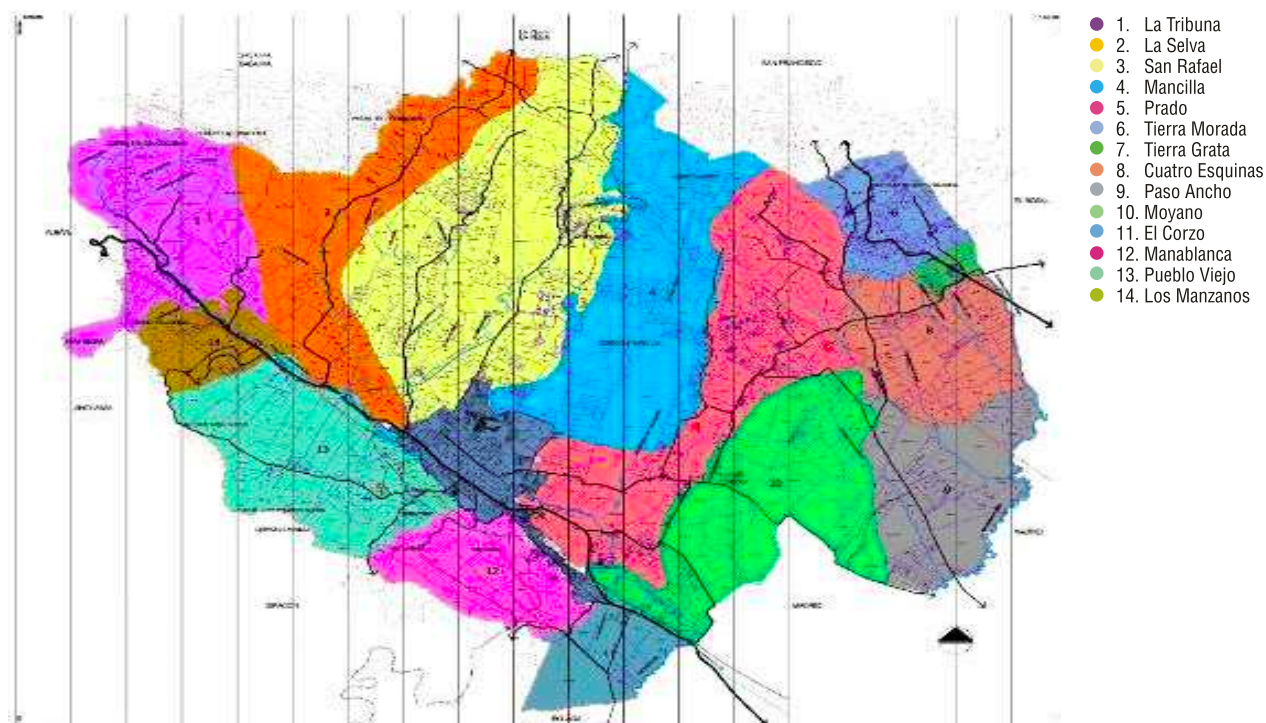
DESARROLLO

Diagnóstico arquitectónico y de lugar.

El municipio de Facatativá, pertenece al departamento de Cundinamarca. Se ubica en la zona central de Colombia a 30 minutos de la capital de Colombia. Facatativá está ubicado en

las coordenadas 4°48'53"N 74°21'19"O y posee una altitud de 2.586 metros sobre el nivel del mar, el sistema montañoso de la zona está ubicado al sur occidental del municipio, estas montañas alcanzan una altitud de 3.200 metros sobre el nivel del mar y es la zona más alta del cerro de Manjuy.

Figura 3. División veredal del Municipio Facatativá



Fuente: POT

El municipio de Facatativá está conformado por 14 veredas contiguas a la zona urbana del municipio. Dentro de estas 14 veredas hay 1.629 predios. En donde se pueden encontrar actividades económicas de ganadería, agricultura, avicultura. Además de industrias exportadoras de flores como uso predominante.

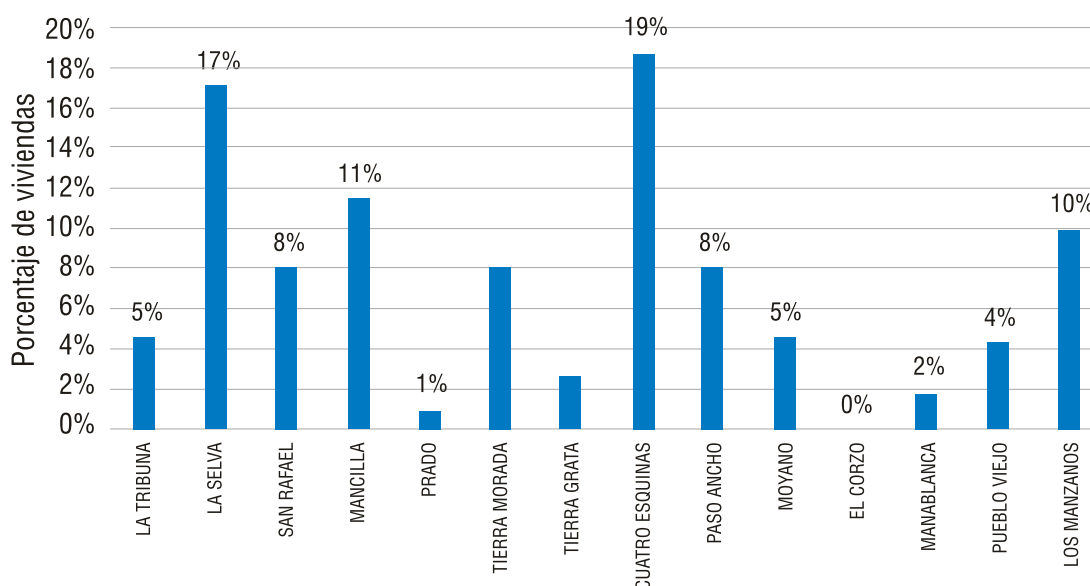
El estudio de campo se desarrolló con el propósito de identificar las características más comunes de las viviendas rurales del municipio, en donde se recolectaron datos cuantitativos de elementos físicos de cada vivienda, en donde se pudo identificar las características similares de cada vivienda productiva de las catorce veredas

del municipio de Facatativá. Los resultados del estudio se identifican en la tabla 1.

Se identificó por medio de trabajo en campo que hay 1.342 edificaciones, entre vivienda productiva, vivienda no productiva y otros usos. Identificando las viviendas productivas como el 24% y las viviendas no productivas el 67%.

En la figura 4 se identifica el porcentaje de distribución de viviendas rurales productivas en la zona rural de Facatativá. La vereda Cuatro Esquinas y La selva son las veredas con mayor cantidad de unidades productivas, por otro lado, en la vereda El Corzo no hay ningún tipo de construcción de unidades productivas, sino que

Figura 4. Viviendas productivas por vereda



Fuente: Elaboración propia

netamente es industrial, más específicamente en producción de floricultura.

Ya identificadas las 1.342 edificaciones, específicas como viviendas, se tiene en cuenta que el **97,2%** de las viviendas tienen economía primaria que significa **producción agrícola para el diario vivir y actividad comercial**.

Por ende, para poder ejecutar la primera etapa de la metodología (Diagnóstico arquitectónico y del lugar). Se realizó la elaboración de fichas técnicas las cuales contienen **tres factores físico espacial (Contexto, Edificio y Envoltentes)**, que se consideran como ámbitos de actuación con respecto a la obtención de criterios bioclimáticos. Por medio de esta recopilación de datos se analizaron 30 viviendas en las 14 veredas de Facatativá, con el fin de poder interpretar las características principales de la vivienda rural productiva del municipio de Facatativá.

El factor físico espacial: es la relación sistémica de 3 factores en el estudio, que demuestra los aspectos socio económico, bioclimáticos y sistemas constructivos. Con el fin de identificar el cómo son los asentamientos en las veredas del municipio de Facatativá.

Contexto: La caracterización del contexto de cada una de las unidades habitacionales estudiadas, aporta la observación de las unidades habitacionales, realizando un levantamiento de información paisajístico, localización e implantación de las unidades habitacionales.

Las variables que se analizaron fueron: altitud, localización geográfica, actividad económica, tipo de familia, componentes naturales en el contexto inmediato.

Edificación: Es la identificación de las características tipológicas en la unidad habitacional rural, a partir del levantamiento arquitectónico, la observación de elementos constructivos tradicionales y de la materialidad obtenida mediante registros fotográficos y la observación de las unidades habitacionales. En la obtención de información se logra identificar a su vez la recursividad del hogar en cuanto a su crecimiento progresivo de las unidades habitacionales.

Las variables son: Espacialidad, zonificación, morfología, materialidad interna, análisis de formas de circulaciones al interior, operatividad de espacios.

Envoltente: Es la identificación de la distribución de muros y vanos para la obtención

de porcentaje de llenos y vacíos con respecto a las fachadas de las unidades habitacionales, y el número de pendientes y geometría de las cubiertas, además características de elementos tipológicos en las unidades tales como zaguán y andenes alrededor, teniendo en cuenta las características de la arquitectura vernácula del altiplano Cundiboyacense.

Las variables a analizar son: Materialidad exterior, elementos tradicionales tales como tipo de cubierta, zonas de andén o porche en la vivienda y porcentaje de llenos y vacíos. Los análisis de estas treinta unidades habitacionales generaron una relación de elementos comunes

en las viviendas rurales productivas del Municipio de Facatativá. Identificados desde el levantamiento arquitectónico, y también la visita a cada una de ellas.

El desarrollo de este estudio tal como se mencionó anteriormente es para hallar las características comunes que tienen las viviendas de la zona estudiada. Con el fin de poder seleccionar una vivienda que cumpla con todas las cualidades para poder analizarla y comparar el desempeño térmico de esta vivienda (Caso de estudio) con los prototipos elaborados en esta investigación.

Tabla 1. Conclusiones de factores físico espaciales

Factor físico espacial	Resultado de estudio
Contexto	<ul style="list-style-type: none"> Habitantes por unidad habitacional 3-4. La implantación de las viviendas depende de la perpendicularidad de las vías de acceso. Veredas del sur del municipio presentan actividades económicas de producción de lácteos. Presencia de industrias de flores en las 14 veredas. La zona sur del municipio posee las mayores altitudes ya que las viviendas se encuentran en el cerro de Manjuy.
Edificio	<ul style="list-style-type: none"> Morfología rectangular predominante. La cubierta generalmente es de 2 aguas o más. Las viviendas rurales presentan espacios tradicionales tales como Porche y Anden alrededor de las viviendas, generando un nivel diferente al nivel del suelo. Las viviendas rurales productivas generalmente oscilan en área de 60m² a 100m². Su construcción es tradicional aporticada, aunque en la actualidad las familias de la ruralidad optan por construcciones prefabricadas. Generalmente se implementa un pasillo de circulación principal que divide los espacios.
Envolvente	<ul style="list-style-type: none"> Viviendas mayormente compactas. Poco porcentaje de vanos. Cubiertas con pendientes altas. Color de envolventes principalmente claros. Materiales de envolventes principales, bloque de arcilla tradicional y paneles de concretos prefabricados. Implantación de las unidades habitacionales en zonas en planicies. Materiales principales en cubierta Asbesto, Zinc y Fibrocemento.

Fuente: Elaboración propia

Selección caso de estudio.

La unidad habitacional seleccionada, se ubica en la vereda La Selva. Ya que es la segunda vereda con mayor cantidad de unidades

habitacionales productivas, y cuenta con la única estación meteorológica del IDEAM. Esta estación meteorológica contiene información completa de temperatura, humedad relativa, precipitación, entre otros.

La vivienda de estudio fue seleccionada con respecto al análisis de los resultados de los factores físico espaciales, esto con el fin de poder analizar las condiciones térmicas al interior de una vivienda existente que nos demuestre que evidentemente existe una carencia de criterios bioclimáticos que beneficien al desempeño térmico de una vivienda común en las zonas rurales de Facatativá, demostrando una comparación entre esta vivienda existente y los modelos propuestos, a esta unidad habitacional la llamaremos CASO DE ESTUDIO.

Figura 5. Fotografías vivienda caso de estudio



La Finca Santa Helena, está ubicada en las coordenadas N4.831592 - W74.378139 y está ocupada por 4 personas, entre adultas y adultos jóvenes, los cuales conforman el grupo familiar. Esta vivienda está orientada con la

fachada principal hacia el nor-occidente perpendicularmente con la vía de acceso, y su actividad económica es la agricultura. La finca Santa Helena cuenta con un área de 1.613m².

Cuenta con un acceso por el lado occidente y un gran cuerpo de vegetación por la zona Sur oriente, la cual protege de los vientos que vienen de dirección sur y sur-oriente. También consta de un lote casi plano con una inclinación mínima hacia la zona oriental por lo cual su escorrentía va en dirección hacia los cuerpos vegetales del lote, en la parte occidental se encuentra un cuerpo de agua que divide el lote con la vía de acceso.

Características de vivienda caso de estudio

Finca: Santa Helena.

Actividad económica: Agricultura.

Área de lote: 1.613m².

Área construida: 86.87m².

Dimensiones:

5.95m de ancho * 14.60m de largo.

Tipo de construcción prefabricada.

Orientación de vivienda N. Occ- S. Ori.

Muros exteriores e interiores en paneles prefabricados de concreto e=5cm, teja de fibrocemento con recubrimiento interior en madera tipo machimbre, la placa de contra piso es en concreto ciclópeo.

La altura libre de la vivienda es de 1.95m en las zonas más bajas y de 2.80m en la cumbre de las cubiertas.

La relación de llenos y vacíos en la vivienda es de 74.4% en llenos y 25.6% en vacíos, los llenos corresponden a los muros exteriores y los vacíos corresponden a la ventanera y vanos en los muros exteriores.

Características climáticas.

Facatativá tiene un clima Cfb (Clima Oceánico) por Köppen y Geiger, característico porque Presenta baja oscilación térmica cercana a los 8°C y la temperatura media (TMA) está entre 7 y 14°C. Llueve todo el año, con

Figura 6.
Planta arquitectónica
y de análisis estructural,
Zonificación.

- Cocina
- Sala comedor
- Porche
- Habitación 1
- Habitación 2
- Habitación 3
- Habitación 4
- A. Producción
- Baño

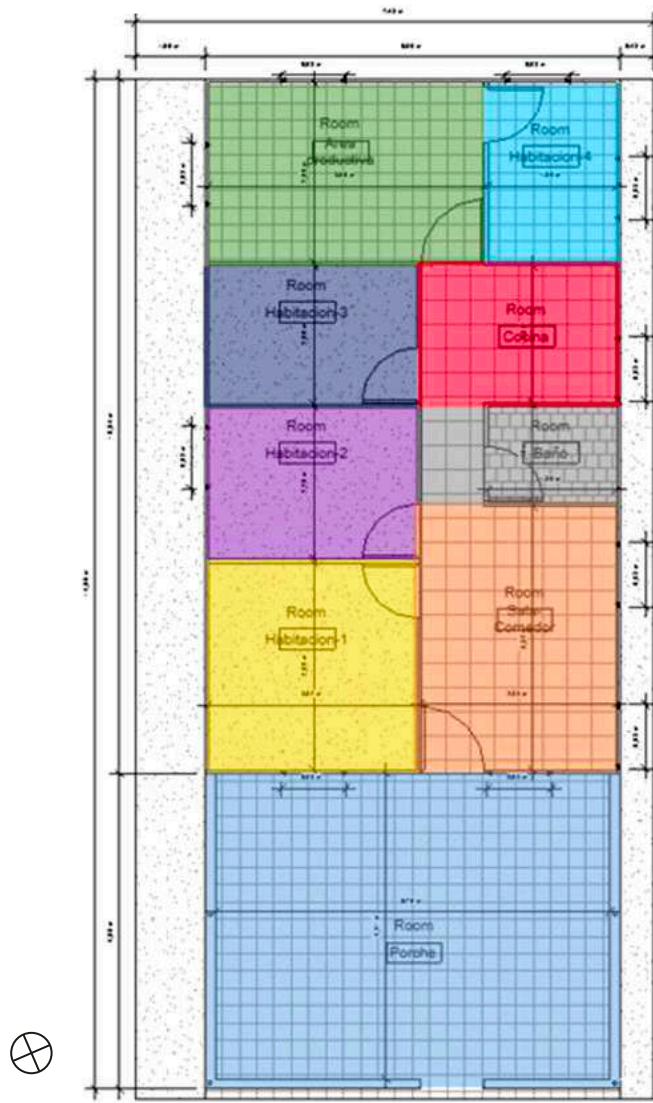
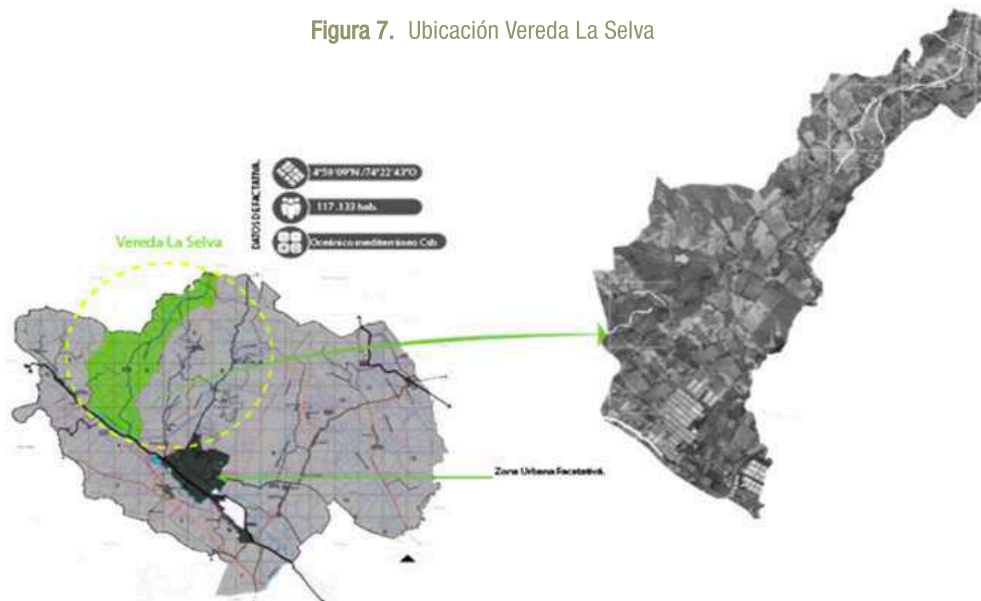


Figura 7. Ubicación Vereda La Selva



Fuente: Elaboración propia

promedios cercanos a 1000 mm. Así mismo es una zona con alto índice de nubosidad por ende su radiación se presenta en mayor porcentaje como difusa.

La vereda La Selva (ver figura 7), es un área rural que cuenta con una altitud de 2.590 metros sobre el nivel del mar. Esta es una zona de producción agropecuaria y de producción industrial de flores esta zona consta de las siguientes características climáticas.

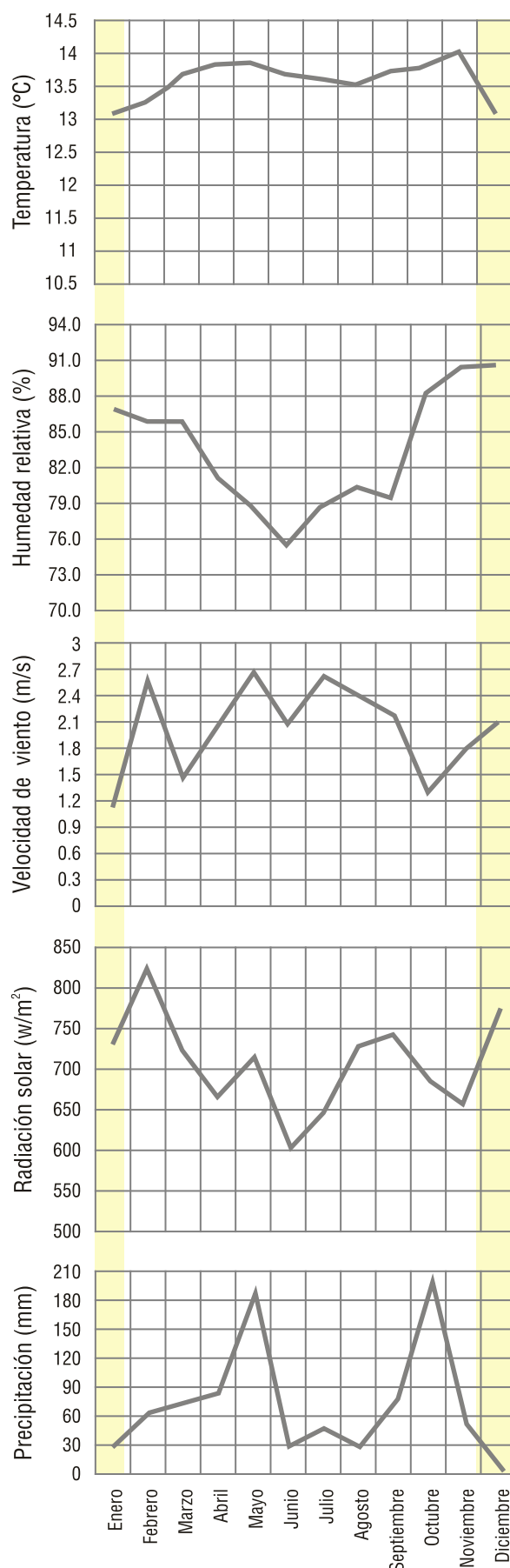
Los aspectos climáticos más extremos se presentan en el mes de diciembre, ya que se puede identificar que la temperatura es baja y cuanto más baja la temperatura la humedad aumenta, de igual forma se evidencia una precipitación muy baja y con una velocidad de viento por encima de 2.0 m/s. Se identifica que el día más frío es el 3 de enero con una temperatura mínima de 0°C, junto con las semanas más fría la cual va del 25 de diciembre al 3 de enero la cual (se refiere a la semana) oscila en temperatura mínima del aire de 0°C a 8°C. La humedad relativa en la zona es alta por ende genera una percepción de la temperatura del aire más fría, además de esto los meses de mayor precipitación se presentan en los meses de mayor temperatura.

La velocidad mayor de viento se encuentra en el mes de mayo con 2.6m/s, y el mes con menos velocidad de vientos es enero con 1.2m/s. Con respecto a la velocidad de los vientos la dirección predominante de los vientos en Facatativá se encuentra hacia el sur, seguido por una dirección al sur-oriente.

Rango de confort adaptativo para Facatativá.

El rango de confort esta implementado a partir del estándar internacional ASHRAE 55 de 2010, el método que se emplea es el adaptativo, implementando una variación de temperaturas operativas según la posición geográfica y los aspectos climáticos, garantizando condiciones de confort adecuadamente. Una de las características a tener en cuenta es la identificación de las horas fuera de confort, se

Figura 8. Características climáticas. Facatativá

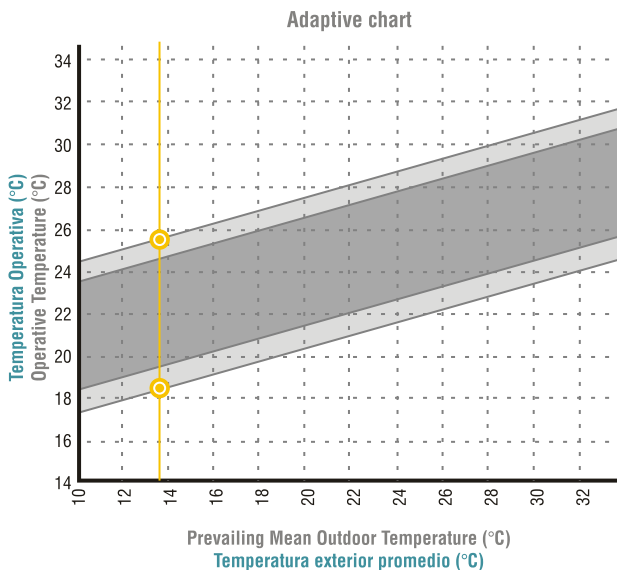


Fuente: Elaboración propia

establece un porcentaje máximo de 10% de horas al año por fuera del rango de las horas ocupadas.

La zona de confort para la vereda de La Selva se determinó a partir de la temperatura media promedio exterior de la zona y de la capacidad de adaptación del ser humano. Por lo cual nos arroja un rango que oscila de 18.5°C a 25.5°C en temperatura operativa, según el ASHRAE 55 de 2010.

Figura 9. Confort adaptativo para Facatativá



Fuente: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

En el contexto colombiano la clasificación del clima de esta región está caracterizada por ser un clima frío húmedo, montañoso ya que es una de las zonas colombianas que posee bajas temperaturas, con tiempos de heladas y oleadas de lluvias y sequías, en los meses de diciembre y enero alcanza a bajar la temperatura del aire a 0°C, además de esto se evidencia una precipitación de 1000mm durante el año y fuertes vientos direccionados desde el sur. Lo que hace que los criterios bioclimáticos sean direccionados hacia la ganancia térmica al interior de la vivienda mediante métodos pasivos, desde la ganancia por exposición al sol, la implementación de materiales de alta masa térmica y la distribución de espacios dentro de la vivienda con el fin de

obtener un desempeño térmico homogéneo en el interior, intentando salvaguardar el intercambio térmico entre la zona interior con la zona exterior, además de esto la protección contra los fuertes vientos predominantes y la implementación de vegetación con fin de generar corta vientos y deshumidificación en la parte externa de la vivienda. Esto con el fin de minimizar las horas fuera del rango de confort establecido por los estándares ASHRAE 55-2010.

Análisis bioclimático.

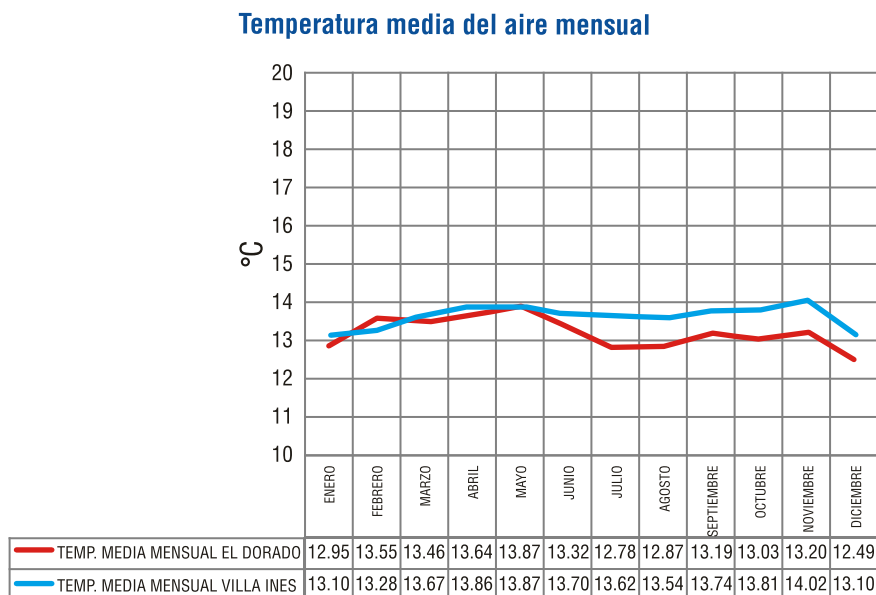
Se elaboró un modelo tridimensional de la vivienda de caso de estudio mediante el software Autodesk Revit 2019. Una vez ya modelado el proyecto se identifican los espacios operativos de la vivienda, para este caso de estudio se identificaron nueve espacios diferentes para la realización de simulaciones térmicas, discriminados de la siguiente manera: 4 Alcobas, 1 Baño, 1 Sala comedor, 1 cocina y 1 Área de producción.

Posteriormente a esto se realiza el modelo en Design Builder, con base a las medidas del modelo de Revit, con el fin de cargar el archivo climático más cercano y parecido climatológicamente a nuestra zona geográfica por ende se escogió el archivo climático del Aeropuerto El Dorado ya que queda cerca de la zona de estudio y posee un contenido térmico muy parecido a la temperatura de la Estación meteorológica Villa Inés- IDEAM.

Se elaboraron las Zonas térmicas teniendo en cuenta las separaciones por espacios definidas desde el modelo de Revit, esto con el fin de ingresar las variables de operatividad por espacios, construcción de la vivienda correspondiente a sus materialidades y las aberturas existentes de la vivienda ya sean vanos y ventanas.

Las actividades se implementan dependiendo de cada funcionalidad de los espacios. Esto con el fin de realizar la implementación de plantillas de actividades, la

Figura 10. Comparación de temperatura media anual



Fuente: Elaboración propia

variación ocupacional de cada zona y el tipo de CLO que se implementa en la zona que teniendo en cuenta en todas las zonas se realizó una implementación de valor CLO de 1.0.

Para la construcción del modelo se implementaron materiales teniendo en cuenta la materialidad existente.

Muros: paneles de concreto de 5cm.

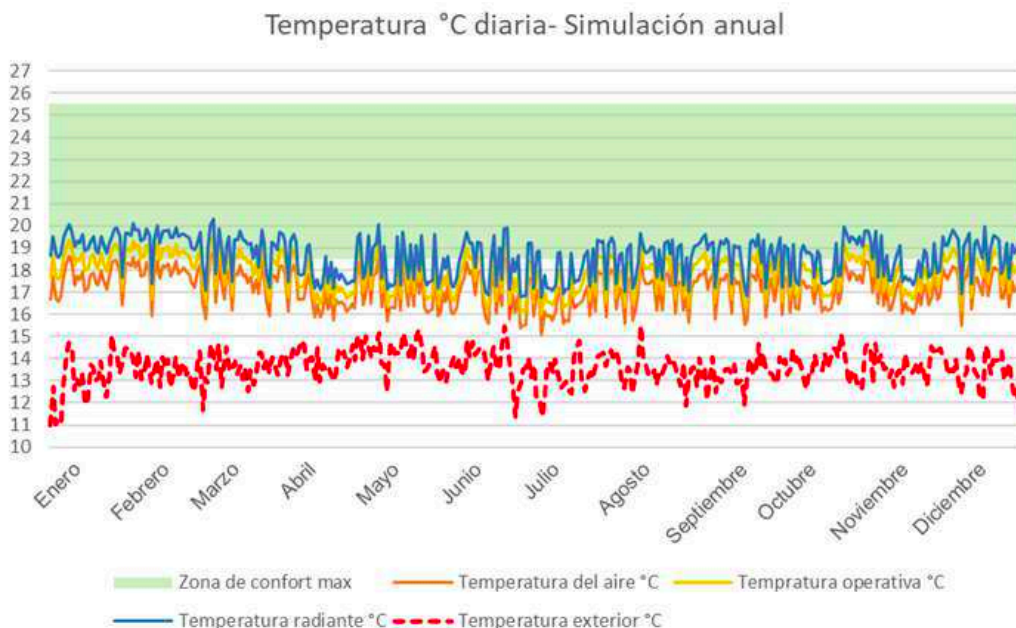
Pisos: Placa de concreto a la vista, Tablón Cúcuta, Cerámica.

Ventanas: vidrio crudo de 5mm. En el caso de las aberturas también se emplea los horarios de operatividad y los porcentajes de abertura de las mismas.

Cubierta: Teja ondulada de fibrocemento.

Color: Verde.

Figura 11. Comparación de Temperatura operativa y exterior, según Zona de confort.



Con los datos recolectados de las simulaciones térmicas anuales y de las semanas de diseño, se pudo identificar que generalmente las horas de confort se desempeñan en horas de medio día y tarde, que los espacios más confortables son la Habitación N°4 y el área de producción.

Teniendo en cuenta las simulaciones del Caso de estudio pudimos identificar que esta vivienda posee un porcentaje de horas de discomfort térmico de 63% anual, hallando una variación térmica de 9°C hasta 28°C, analizando que las temperaturas más bajas se presentan en el horario nocturno y madrugadas y en el medio día presenta incrementos térmicos por encima del rango de confort térmico. Por tal motivo el paso siguiente fue la implementación de un análisis de balances de cargas energéticas para identificar que superficies son las causantes de tal oscilación térmica.

Simulaciones de balance térmico

Para poder identificar, la variación de energía en cada espacio de la vivienda de caso de estudio, se realizó las simulaciones de balances térmicos de cada zona de la vivienda, con el fin de por identificar que materiales generan aumento o pérdida de energía, en este caso se elaboraron 9 simulaciones, una por cada espacio, en el día más frío (03-de enero) con una temperatura del aire mínima de -0.75°C. Con los datos recolectados de las simulaciones de balance térmico, con respecto al día más frío, se identificó que la superficie que genera gran cantidad de disipación de energía son las superficies en vidrio, aunque las ventanas en el exterior ubicadas hacia el sur son vanos que generan ganancias térmicas por medio de la radiación solar. Además de esto se identifica que el tipo de muro que tiene la vivienda de caso de estudio disipa y gana energía paralelamente a la variación de la temperatura del aire, es decir si la temperatura del aire es descendente el muro generara pérdida de energía y si la temperatura es ascendente los muros obtendrán ganancia de energía; a diferencia de la cubierta y el piso que

son materiales que se comportan de forma similar y son materiales que tienen un balance térmico apropiado pues cuando la temperatura es descendente estos materiales presentan ganancias de energía y cuando la temperatura es ascendente los materiales presentan disipaciones energéticas en los momentos de mayor ascendencia de la temperatura del aire.

Implementación de criterios arquitectónicos & Bioclimáticos.

Teniendo en cuenta el análisis realizado a la vivienda de caso de estudio, se postulan 5 criterios principales para la elaboración de los criterios bioclimáticos que se realizaron con el fin de obtener un desempeño térmico de acuerdo con el Ashrae 55.

Estos cinco criterios bioclimáticos se desarrollaron mediante simulaciones para poder identificar la opción que mejor comportamiento tenga, cada uno de estos criterios se simuló en la semana de diseño, sabiendo que las condiciones de temperaturas más bajas se presentan en la primera semana de enero.

Los criterios de diseño se realizaron teniendo en cuenta la misma secuencia con la que se realizó el diagnostico de lugar y arquitectura, teniendo en cuenta los 3 aspectos físico espaciales (Contexto, Edificio y envolvente).

Se propuso implementar los criterios en tres prototipos de viviendas, ya que basándonos en el análisis contextual destacamos tres tipos de actividades económicas principales en los hogares de las familias rurales (fincas con énfasis floricultoras, lecheras y cultivos de hortalizas), identificando la dirección de vientos predominante y tres tipos de orientaciones, con vientos perpendiculares a la fachada de mayor superficie (90°), a (45°) y con vientos perpendiculares a la fachada de menor superficie (90°), además de esto se proponen para cada uno de los prototipos una inclinación de terreno diferente, ya que Facatativá se

Figura 12. Balance energético promedio de la vivienda Caso de estudio.

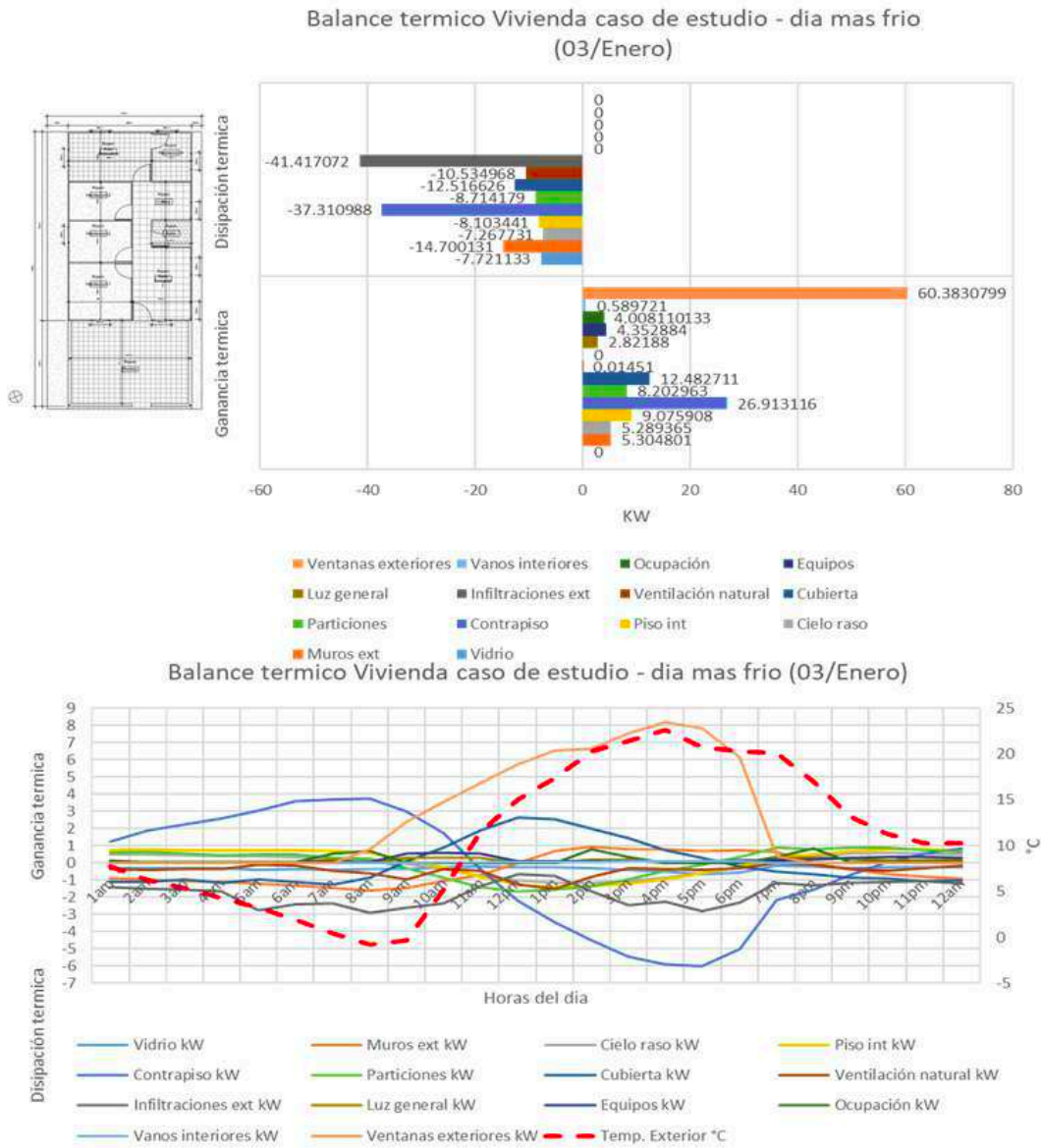


Figura 13. Criterios bioclimáticos para Diseño de viviendas

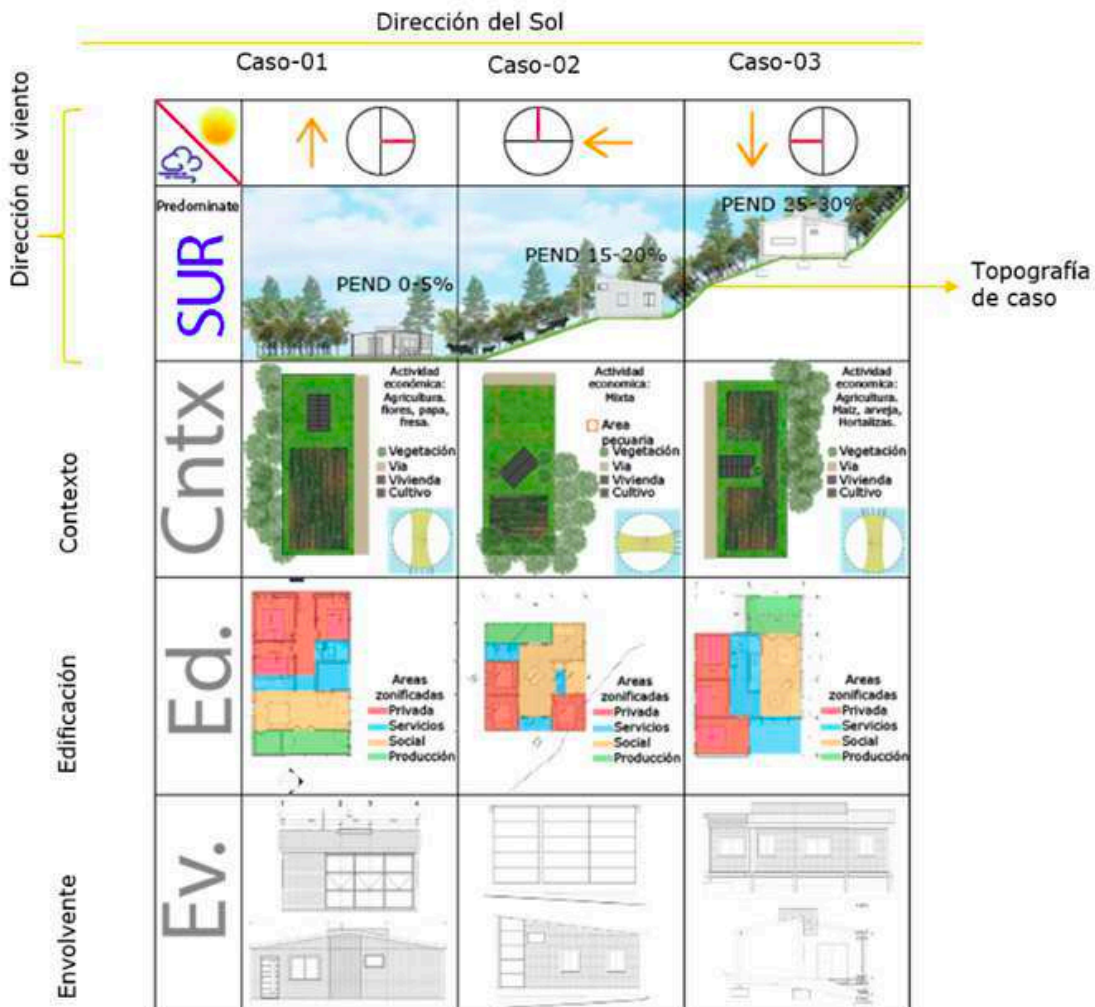


encuentran en terrenos de varios cambios geográficos, en donde se puede encontrar superficies planas como también zonas de superficies inclinadas como se pueden ver en la zona sur del Municipio donde se localiza el cerro de Manjuy. Es por esto que se proponen terrenos con pendientes de 0-5%, de 15-20% y de 25-30%. Ya definido estos aspectos ambientales el proceso de diseño se realizó enfocado en los criterios bioclimáticos y se dividieron en tres: Contexto, Edificio y Envolverte.

Dado que la estrategia bioclimática es proteger del viento y ganar sol (contexto)

formas compactas y con zonificación que garantice el mayor número de horas de confort (edificio) y usar muros con alta inercia térmica, poca relación de vanos y techos con varias aguas (envolverte) se presentan tres tipos de modelos de viviendas rurales productivas que respetan esos criterios pero que también se ajustan a distintos de orientaciones con respecto al sol, distintos tipos de terrenos, presentes en la región y distintos tipos de vocaciones productivas. En ningún caso son propuestas fijas y más bien deben entenderse como sugerencias arquitectónicas que se pueden aplicar en la zona estudiada. (ver figura 14)

Figura 14. Criterios de diseño para los casos propuestos.



El desarrollo arquitectónico de las tres propuestas; se realizaron con el fin de poder diseñar estas tres viviendas con respecto a los elementos identificados en el análisis de factores físico espaciales de tal forma que estas tres propuestas tengan las siguientes características: deben poseer un espacio donde su funcionalidad sea de producción, deben tener elementos tradicionales tales como andenes perimetrales y área de porche, cada vivienda posee una circulación principal central; la cual separa las áreas privadas de las zonas de servicios y sociales. Además de esto estos prototipos se implementarán con la misma materialidad con el fin de poder identificar el desempeño térmico en diferentes diseños de

vivienda, por tal motivo las viviendas poseen las envolventes con bloques de tierra comprimida (BTC) y su cubierta es compuesta por tejas y elementos aislantes, así mismo se implementa una estrategia de efecto invernadero, que permite el paso de los rayos solares y acumular calor en los muros de BTC interiores, también estrategia de muros Trombe, el cual funciona como un generador de aumento de temperatura al interior de los espacios.

Los prototipos se denominaron Caso 01, Caso 02, Caso 03. Los cuales se visualizan a continuación.

Caso 1



Figura 16.
Render Exterior Vivienda Caso 01

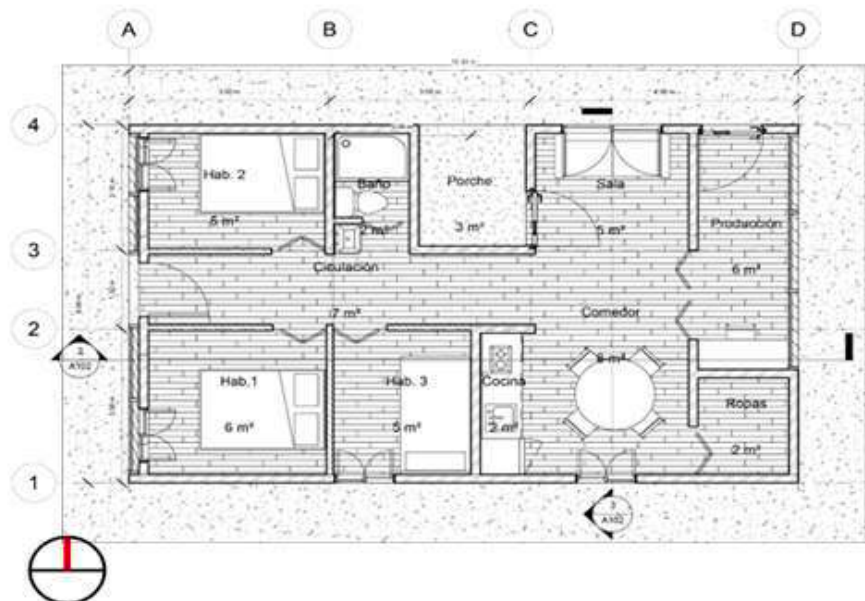


Figura 17. Planta arquitectónica Caso 01

Este diseño se realizó teniendo en cuenta las viviendas que posiblemente tengan sus superficies de envoltentes más pequeñas perpendiculares a la trayectoria solar, por tal motivo se buscó que las zonas sociales y de producción obtuvieran la mayor energía de radiación en horas de la mañana para su funcionamiento, mientras que en las tardes la ganancia de radiación es direccionada a las

habitaciones ya que su operatividad está en horas de la noche. Es por esto que la cubierta se implementó a dos aguas paralela a la trayectoria solar y se le genero un buitrón con el fin de obtener iluminación natural en el medio de la vivienda.

Caso 02

Figura 18.
Render Exterior Vivienda Caso 02

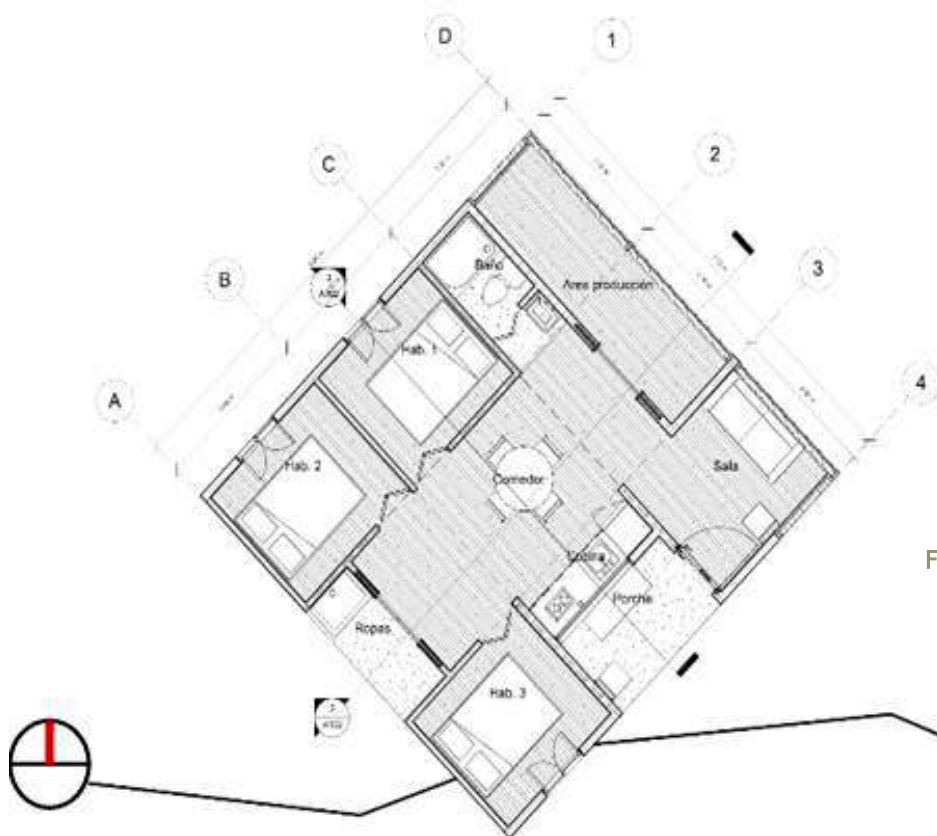


Figura 15. Planta arquitectónica Caso 02

Dado que el criterio de implantación es una vivienda a 45° con respecto al norte, se desarrolló este modelo de vivienda con las envolventes de la vivienda homogéneas en cuanto áreas de la superficie, ya que esta vivienda favorablemente todas las envolventes son expuestas a recibir radiación solar, por ende, se elaboró el diseño con la cubierta a un agua para obtener la mayor cantidad de radiación en el transcurso del día, aun así, se ubicaron las

habitaciones perpendiculares al poniente, para garantizar mayor ingreso de radiación en las tardes con el fin de poder aumentar la temperatura en horas de la noche y madrugada, las cuales son las horas de menores temperaturas y son los espacios ocupados en esas horas.

Caso 03



Figura 21. Render Exterior Caso 03



Figura 20. Planta arquitectónica Caso 03



En esta propuesta de vivienda implementamos que las superficies exteriores más amplias se ubicarán de forma perpendicular a la trayectoria solar, así que su diseño estuvo basado en dos zonas principales: zona social y de producción y la zona privada o de descanso, estas zonas se ubicaron con respecto al eje longitudinal de la vivienda por ende la zona de producción y áreas comunes se ubican en el oriente y la zona privada y de operatividad nocturna está ubicada en el occidente, intentando representar los elementos tradicionales de la viviendas.

Como se mencionó anteriormente las viviendas propuestas se desarrollaron con la misma materialidad la cual se puede evidenciar en la figurar 21.

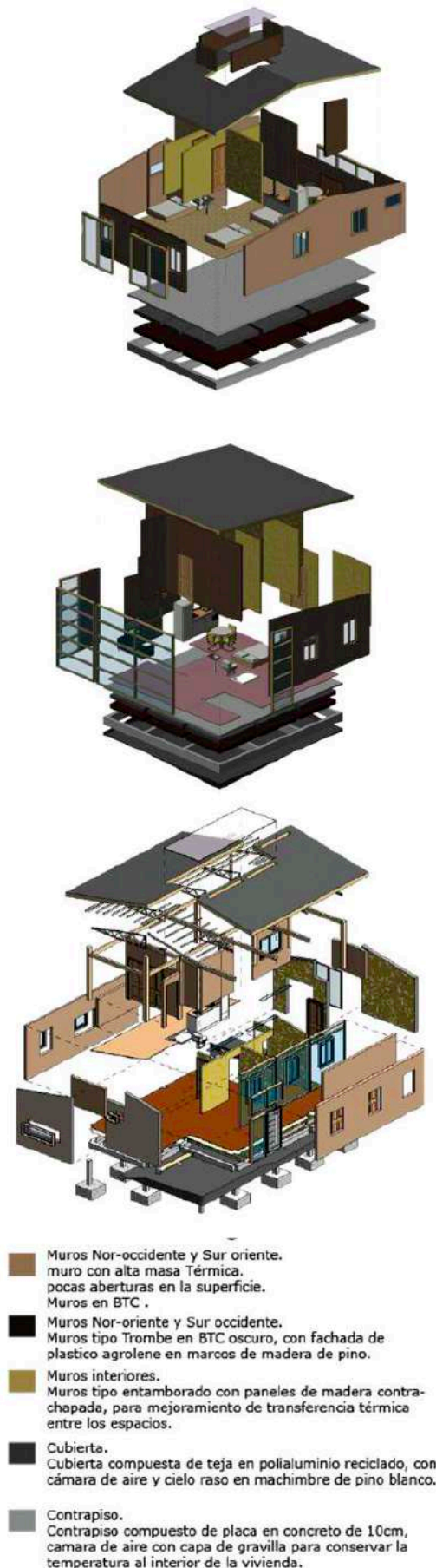
DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta se desarrolló una comparación de desempeño térmico de las tres viviendas propuestas con respecto a la vivienda de Caso de estudio. Esto con el fin de poder identificar cada uno de los espacios como es el desempeño térmico y si los prototipos demuestran un mejor acondicionamiento térmico al interior.

Teniendo en cuenta las simulaciones anuales obtenidas del software Design Builder se evidencia que el mal manejo de la materialidad y la espacialidad de la vivienda de caso de estudio hace que está presente un porcentaje anual de desconfort de 63%. Hallando una variación térmica de 9°C hasta 28°C, analizando que las temperaturas más bajas se presentan en el horario nocturno y madrugadas y en el medio día presenta incrementos térmicos por encima del rango de confort térmico.

Mientras que las viviendas propuestas demostraron un porcentaje de confort térmico anual del 60% hasta el 70%. Demostrando así que el buen uso de estrategias pasivas mejora el desempeño térmico de las viviendas y el buen desarrollo espacial de las viviendas hace que el

Figura 19. Materialidad de los tres prototipos.

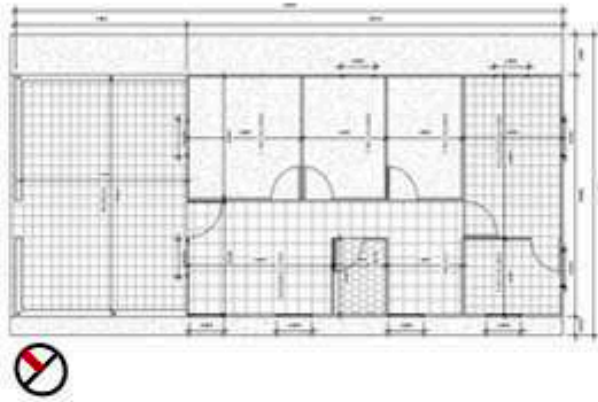


desempeño productivo del ser humano sea más eficiente puesto que se encuentra en equilibrio térmico el mayor tiempo posible con respecto a la temperatura de la vivienda.

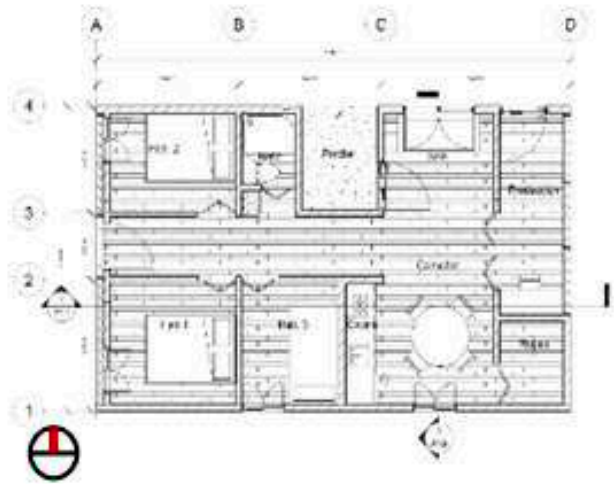
Figura 22. Comparación térmica de viviendas.

Comparación temperatura operativa en las viviendas

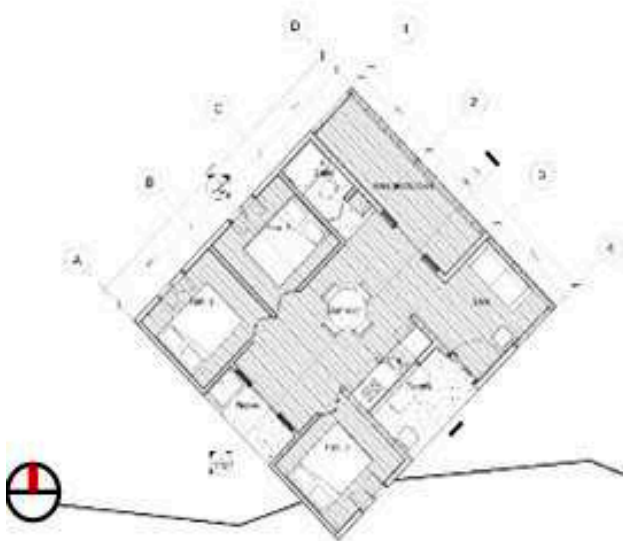
Caso de estudio



Caso 01



Caso 02



Caso 03



Figura 23. Comparación de temperatura operativa promedio

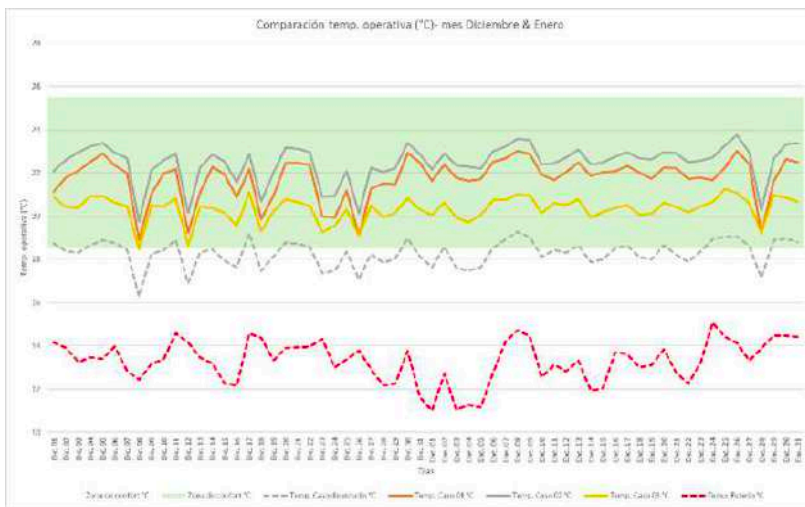
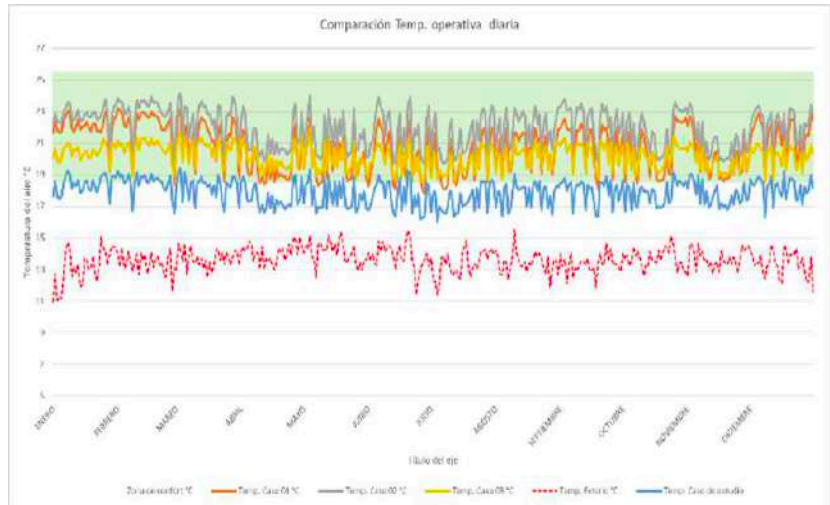


Figura 24. Comparación de temperatura operativa en las viviendas-Semana crítica

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las características climáticas de la zona de estudio se identifica que las viviendas existentes y analizadas carecen de estrategias bioclimáticas fomentando un desaprovechamiento de los aspectos físicos del contexto. Es por esto que el enfoque de este trabajo es generar un proceso investigativo que busca el aprovechamiento de las condiciones físico ambientales, para poder expresar un método de diseño apropiado bioclimáticamente para mejor las condiciones físicas de las familias rurales del municipio de Facatativá.

Las estrategias bioclimáticas pensadas para el desarrollo de estos modelos se desarrollaron a partir del estudio de los factores físico ambientales y los factores físico espaciales

identificados en el diagnóstico arquitectónico y del lugar. Por lo cual se identificó una necesidad de aumentar la ganancia térmica al interior de la vivienda. Es por esto que los modelos empleados fomentan un desarrollo de vivienda con el objetivo de aumentar sus temperaturas al interior sin poseer una amplitud térmica mayor a 7°C.

Conclusiones climáticas

Teniendo en cuenta las características climáticas están definidas como condiciones de clima frío húmedo por oleadas de sequía y heladas, además de periodos de lluvia tan abundantes en el año se debe implementar un diseño arquitectónico que efectúe las siguientes características:

- Se debe implementar estrategias que permitan minimizar o reducir la velocidad del viento durante el día, intentando generar viviendas que no permitan el ingreso de los vientos al interior e implementando una buena disposición de vegetación perpendicular con forme a la dirección de los vientos predominantes.
- El aprovechamiento de la radiación solar sobre las envolventes (muros, ventanas y cubierta) expuestas a la misma, generaran un incremento de calor al interior de la vivienda. Ya que el sol es la principal fuente de calor durante el día. Es por esto que se debe disponer las superficies más amplias de las viviendas perpendicularmente (oriente y occidente) a la trayectoria solar.
- El emplazamiento asertivo de las viviendas es fundamental, pues si se implantan las envolventes de mayor superficie perpendicularmente a la trayectoria solar se generará una mayor absorción de radiación y por ende la ganancia de calor al interior de la vivienda.
- La geometría de la cubierta es muy conveniente para el aumento térmico pues identificamos que, entre menos subdivisiones de la cubierta, mayor obtención de radiación en la superficie lo cual generará un aumento de calor al interior.
- La minimización de la velocidad del viento con elementos vegetales garantiza que se generen renovaciones de aire de manera higiénicas al interior de la vivienda sin necesidad de enfriarla.
- Los muros acumuladores de calor; en las condiciones climáticas de frío húmedo poseen un beneficio térmico al interior de la vivienda, puesto que permite en horas del día el contacto directo de radiación sobre una superficie de material con características de alta masa térmica el cual ira acumulando el calor durante el día y la superficie traslucida formará una cámara de aire no permitirá la transferencia térmica del interior de la vivienda con el exterior en horas de la noche.
- Otro método que se utilizó para la ganancia térmica fue el uso del horno de cocina con lo cual hay ganancias de 300W/m², con el fin de poder mantener una temperatura más elevada al interior que al exterior de la vivienda.

Estrategias bioclimáticas

Las principales estrategias bioclimáticas que se deben implementar son:

- Gracias a la revisión bibliográfica se identificó que con muros de btc la conformación de las viviendas resultará más fresca en verano y más caliente en invierno, debido a la masa térmica de este material que es de 1.740 kJ/m³.
- La geometría de la cubierta es muy conveniente para el aumento térmico pues identificamos que, entre menos subdivisiones de la cubierta, mayor obtención de radiación en la superficie lo cual generara un aumento de calor al interior.
- La realización de estas estrategias bioclimáticas propuestas, se pudieron efectuar sin la necesidad de modificar las características tradicionales de la vivienda rural tradicional de Facatativá, si no que el estudio fue adaptado para intervenir la vivienda sin necesidad de modificar los aspectos obtenidos en el análisis de diagnóstico de lugar y arquitectura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE-55. (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (Vol. 1995). Recuperado de www.ashrae.org

Bedoya Montoya, C. M. (2011). Vivienda de Interés Social y Prioritario Sostenible en Colombia-VISS Y VIPs. En Sostenibilidad Tecnología y Humanismo. Recuperado de <https://bit.ly/3mH76cq>

Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2018). Análisis de información CNPV 2018 P r e n Cundinamarca. Recuperado 21 de abril de 2020, de <https://bit.ly/3ktetSH>

Colombia. Sistema de Estadísticas Territoriales (TerriData). (2018). Facatativá, Cundinamarca. Recuperado de Gobierno de Colombia website: <https://terridata.dnp.gov.co/>

Muñoz Varela, Iina M., & Rodríguez Plata, J. E. (2009). Vivienda de interés social hacia una política pública sostenible. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

Ortiz, A. (2018). Premisas de diseño para el buen desempeño térmico en la construcción con contenedores. Caso de estudio en pacífico norte de Costa Rica (Tesis Maestría en Bioclimática). Universidad de San Buenaventura Colombia, Facultad de Artes Integradas, Bello.

Romero, J. G. H. (2009). Vivienda de interés social en Colombia- Una visión general y aspectos sociales. Revista de la Facultad de Ciencias Empresariales, 18(32), 216. Recuperado de <https://bit.ly/3mpqiva>

Sanchez Amaya, C. A. (2020). Criterios de diseño bioclimáticos para vivienda rural productiva del clima frío - húmedo andino a partir del análisis de la vivienda rural tradicional. Caso de estudio Vereda La Selva-Facatativá-Cundinamarca. Universidad San Buenaventura.