EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CASAS CAMPESTRES DE SANTA FE DE ANTIOQUIA

Estudiante: Dana Camila Jaramillo Correa

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Arquitectura y Diseño

Facultad de Arquitectura

Arquitectura

Medellín

2020

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CASAS CAMPESTRES DE SANTA FE DE ANTIOQUIA

Estudiante: Dana Camila Jaramillo Correa

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecta.

Asesor

Verónica Henriques Ardila

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Arquitectura y Diseño

Facultad de Arquitectura

Arquitectura

Medellín

2020

(6 mayo 2020)

Dana Camila Jaramillo Correa

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Firma

ÍNDICE

1) RESUMEN……1

2)INTRODUCCIÓN……1

2.1 Descripción del problema……1

2.2 Antecedentes……2

2.3 Formulación……..2

2.4 Objetivo general……...2

2.5 Objetivos específicos……2

2.6 Justificación……..3

2.7Metodología……4

2.8 Descripción de actividades……..4

3)Marco Conceptual……5

3.1 Construcción sostenible……5

3.2 Diseño bioclimático……6

3.3 Ahorro energético……8

3.4 Confort y bienestar……9

4) Marco contextual……...9

4.1 Certificaciones de construcción sostenible a nivel global……..9

4.1.1 EDGE 10

4.1.2 LEED 11

4.1.3 BREEAM 12

4.1.4 WELL 13

4.2 Construcción sostenible a nivel nacional……..14

4.2.1 ¿Qué significa construcción sostenible en Colombia? 14

4.2.2 Normativas 15

4.2.3 Certificaciones 16

4.3 Construcción sostenible a nivel local……16

4.3.1 Normativas 16

4.3.2 Certificaciones 17

4.3.3 Clima 18

5) Marco práctico……19

5.1 Estrategias aplicables según el manual de usuario de EDGE……..29

5.1.1 E01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior 29

5.1.2 E02 Pinturas reflectivas / Tejas para techo..... 29

5.1.3 E03 Pintura reflectiva para paredes externas 29

5.1.1 E04 Dispositivos de control solar externo 30

5.1.2 E05 Aislamiento del techo..... 30

5.1.3 E06 Aislamiento térmico de paredes externas..... 30

5.1.4 E07 Vidrio con revestimiento de baja emisividad..... 31

5.1.5 E08 Vidrio de alto rendimiento térmico 31

5.1.6 E10 Ventilación natural 32

5.2 Cálculos necesarios para la toma de decisiones sobre que estrategias implementar en las casas……..33

5.3 Estrategias aplicadas a las casas……35

5.4 Simulaciones con EDGE……38

5.5 Análisis comparativo……40

6) Conclusiones……..41

7) Bibliografía……42

Tabla 1Consumo energético kilovatios/hora según tipo de servicio, en el municipio de Santa fe de Antioquia Año 2016 tomado de Antioquiadatos.gov.vo..... 3

Tabla 2 Promedio de horas de sol al día tomado de Climate-data.org..... 18

Tabla 3 Datos históricos del clima en Santa fe de Antioquia tomado de Climate-data.org 19

Tabla 4 Promedio consumo energético 6 últimos mesesTabla 5 Coeficiente de conductividad de los materiales 19

Tabla 6 porcentaje WWR 33

Tabla 7 Transmitencia térmica de la cubierta..... 33

Tabla 8 Transmitencia térmica de la envolvente 34

Tabla 9 Calculo de SHGC 34

Tabla 10 de estrategias que se le van a aplicar a las casas 34

Ilustración 1 Ficha electrodomésticos casa N°1 20
Ilustración 2 Planos arquitectónicos casa N°1 21
Ilustración 3 Análisis casa N°1 22
Ilustración 4 Ficha electrodomésticos casa N°2 23
Ilustración 5 Planos arquitectónicos casa N°2 24
Ilustración 6 Análisis casa N°2 25
Ilustración 7 Ficha electrodomésticos casa N°3 26
Ilustración 8 Planos arquitectónicos casa N°3 27
Ilustración 9 Análisis casa N°3 28
Ilustración 10 Aplicación de estrategias a la casa N°1 36
Ilustración 11 Aplicación de estrategias a la casa N°2 37
Ilustración 12 Aplicación de estrategias a la casa N°3 38
Ilustración 13 Simulación casa N°1 Ilustración 14 Simulación casa N°2 39
Ilustración 15 Simulación casa N°3 39
Ilustración 17 Simulación casa 1 40
Ilustración 16 Simulación casa 2 40
Ilustración 18 Simulación casa 3 40

1) RESUMEN

En esta monografia se abordan temas sobre la construcción sostenible y temas afines dando una breve explicación de que es y para que sirve, para luego pasar a un marco contextual donde se revisan que tipo de certificaciones de construcción sostenible hay, mirándolas en un contexto global, nacional y local, en este último se tiene en cuenta el clima del lugar de trabajo que es un factor determinante de toda la investigación, en el marco practico se entra a trabajar más a fondo una de las certificaciones mencionadas anteriormente haciendo un resumen sobre el manual de usuarios para esta certificación, analizando cada una de las casas bajo términos bioclimáticos por ejemplo la luz, la ventilación, orientación, materialidad, valor U, y conteo de electrodomésticos de refrigeración para luego continuar con las estrategias pasivas de climatización propuestas por la aplicación EDGE online y mirar que estrategias se pueden aplicar a las diferentes casas y así poder demostrar con cifras que sí es posible reducir el uso de aires acondicionados por medio de estrategias pasivas de climatización.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética, Construcción sostenible, Climatización pasiva, Sostenibilidad, Bioclimática.

2) INTRODUCCIÓN

2.1 Descripción del problema.

La inquietud central se concentra en el consumo energético de casas campestres ubicadas en condominios del municipio de Santa fe de Antioquia en un período de tiempo entre 2018 a 2019.

Se considera factor detonante la apertura del túnel de occidente; ya que este redujo los tiempos entre Medellín y Santa Fe de Antioquia, lo que ha permitido que lleguen cientos de turistas cada fin de semana.

Centrándose en las estrategias bioclimáticas, ¿se puede reducir el uso de aires acondicionados mediante estrategias de diseño pasivo? para así lograr reducir el consumo energético de las casas campestres de Santa fe de Antioquia.

2.2 Antecedentes

Autor: Luis Carlos Herrera Sosa

Título: Eficiencia de enfriamiento pasivo en clima cálido seco.

Este documento presenta los resultados de una evaluación de la eficiencia de enfriamiento que se alcanza con la aplicación en techos estanque de seis técnicas de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. El procedimiento consistió en monitorear en campo, durante el verano de 2012, módulos experimentales con las técnicas pasivas de enfriamiento: evaporativo indirecto (EEI), protección solar (PS) y enfriamiento radiactivo nocturno (ERN), apoyadas con aislamiento térmico (AT) y masa térmica (MT). El módulo experimental se comparó con un módulo de control de iguales características constructivas, dimensiones y orientación.

Autor: Francis D K Ching

Título: Arquitectura ecológica: Un manual ilustrado

Principios básicos -- Normas, estándares y guías -- Contexto y emplazamiento -- Forma construida -- Elementos externos al edificio -- Envolvente interior -- Zonificación y comportamiento térmica -- Iluminación y otras instalaciones eléctricas -- Agua caliente y fría -- Calidad del ambiente interior -- Climatización -- Energía renovables -- Materiales -- Ejecución y presupuesto -- La calidad del proyecto y la arquitectura ecológicos.

Autor: Ana Catalina Torres Echeverri

Título: Vivienda de emergencia sostenible

La sostenibilidad como una solución acertada -- La domótica al servicio de la civilización -- Bioconstrucción -- Cocina solar -- Utilización de placas fotovoltaicas -- Energías renovables -- Elementos constructivos -- Sustitución de tejas y uralitas por plantas autóctonas -- Consideraciones energéticas en una vivienda ecológica -- Materiales ecológicos -- La vivienda de emergencia -- Vivienda de emergencia sostenible

2.3 Formulación

¿Es posible disminuir el uso de aires acondicionados de las casas campestres de Santa Fe de Antioquia por medio de estrategias pasivas de climatización?

2.4 Objetivo general

Proponer estrategias para disminuir el consumo energético de las casas campestres del municipio de santa fe de Antioquia por medio de medidas pasivas de climatización para lograr un menor consumo de energía.

2.5 Objetivos específicos

- Evaluar el consumo energético de 3 casas campestres del municipio de santa fe de Antioquia.
- Identificar el tipo de electrodomésticos de refrigeración e iluminación al interior de las casas de los condominios.

- Analizar el clima en relación a las edificaciones.
- Conocer y manejar la metodología EDGE.
- Plantear estrategias de climatización pasiva.
- Verificar por medio de simulaciones digitales el correcto funcionamiento de las estrategias de climatización pasiva.

2.6 Justificación

Según el periódico el mundo, en el artículo "*En el occidente se promueve el crecimiento urbano"* La cercanía que proporciono la construcción del túnel de occidente implico una avalancha de segundas residencias de habitantes del valle del Aburra trayendo consecuencias como saturación de los servicios públicos y un crecimiento desordenado de las urbanizaciones donde en muchas ocasiones saturan los entornos que están en amenazas potenciales a orillas del río Cauca y el Tonusco; el crecimiento ha sido desordenado y eso también genera impactos en el medio ambiente, ya que los últimos relictos de bosque seco tropical de Colombia están en esta zona y han sido amenazados por la expansión de la urbanización cerrada en entornos rurales, Creando así una amenaza a este ecosistema; Según el periódico el Colombiano El impacto que tendrá sobre la zona las mega obras de autopistas de la prosperidad, el túnel del todo y la entrada al espejo de agua de lo que será hidroituango , generara el efecto de conurbación lo que se le sumaría al problema del rápido crecimiento de segundas viviendas en Santa Fe de Antioquia trayendo como consecuencia un aumento abrupto en la población del municipio, según el DANE a la fecha del 2016 el municipio cuenta con 27.839 habitantes calculando que pueden llegar a 35 mil habitantes lo que afectaría negativamente los recursos naturales del sector como lo son la energía creando un aumento critico en la demanda de este.

Subregiones y municipios	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Subtotal Residencial	Comercial	Industrial	Otros (1)	Total rural
Santa Fe de Antioquia	1.720.905,41	1.062.204,64	667.010	1.561.517,99	2.930.414,99	863.816,00	8.805.869,02	2.774.898,00	2.177.365,55	1.401.330,44	15.159.463,00

Tabla 1*Consumo energético kilovatios/hora según tipo de servicio, en el municipio de Santa fe de Antioquia Año 2016 tomado de Antioquiadatos.gov.vo*

2.7 Metodología

Objetivos Especificos	Actitvidades	Planeacion	Productos
1.Evaluar el consumo energético de 3 casas campestres del municipio Santa Fe de Antioquia.	-1.1conseguir permiso de visita -1.2Visita al lugar -1.3Obtener cuenta de servicios de 3 casas campestres -1.4Hacer tabla comparativa de cuenta de servicios de las 3 casas campestres.	-Agosto 30-31	Tabla comparativa de consumo energetico de las 3 casas campestres desde los años 2018 a 2019 de los meses de mayo a julio y de noviembre a enero
2.Identificar el tipo de electrodomésticos de refrigeración e iluminación que se instalan al interior de las casas de los condominios.	-2.1 Conteo de electrodomésticos de refrigeración -2.2 Investigación de la ficha técnica de los electrodomesticos de refrigeración. -2.3 Analisis de la tabla comparativa de la cuenta de servicios -2.4 Analisis de la ficha técnica de los electrodomésticos	-Agosto 30-31	-Listado de cuantos electrodomesticos de refrigeracion hay . -Ficha tecnica de cada elemento de refrigeracion para saber su consumo energetico en kw -Resultado de analisis de la tabla comparativa de la cuenta de servicios. -Resultado del analisis de la ficha tecnica de los elementos de refrigeracion.
3.Analizar el clima en relación a las edificaciones	-3.1 Análisis asoleamiento -3.2 Análisis ventilación -3.3 Análisis materialidad en la cubierta y la fachada -3.4 Análisis de la tipologia edificatoria enfocandose en el numero de pisos y su area	-Agosto 30-31	-Graficos de analisis asoleamiento -Graficos de analisis ventilacion -Graficos de analisis materialidad -Graficos de analisis de tipologias.
4.Conocer y manejar la metodología EDGE para proponer alternativas de diseño pasivo y poderlas cuantificar.	-4.1Leer documentos acerca de la metodologia EDGE	-Transcurso del semestre	
5.Plantear estrategias de climatización pasiva	-5.1Propuestas de estrategias climatización basada en los resultados arrojados por los análisis	-A partir del 8 de septiembre	-Planos y esquemas de las propustas de climatizacion
6.Verificar por medio de simulaciones digitales el correcto funcionaiento de las estrategias de climatización pasiva.	-6.1Simulación digital	-Mediados de octubre	-Informe escrito con tablas , graficos y esquema de barras.

2.8 Descripción de actividades

Inicialmente se contacta a los dueños de las casas con el fin de socializar el proyecto con ellos y obtener su colaboración para las visitas y tomas de datos.

Una vez allá se pregunta por la cuenta de servicios de cada una de las 3 casas de los meses de mayo a julio y de noviembre a enero de los años 2018 a 2019 para luego pasar a hacer una tabla comparativa de las cuentas de servicios entre las tres casas que arrojara como resultado los consumos energéticos de las casas.

Estando en el lugar se hace un conteo de electrodomésticos de refrigeración que arroja como resultado cuantos electrodomésticos de refrigeración hay en cada una de las casas , luego se pasa a hacer una búsqueda de la ficha técnica de cada electrodoméstico para así saber su consumo energético en kW, posteriormente se pasa a hacer un análisis de la tabla comparativa de servicios y un análisis de la ficha técnica de los electrodomésticos, arrojando como resultado cuál de las 3 casas es menos eficiente energéticamente.

Se hace un análisis del clima enfocándose en el asoleamiento y la ventilación.

Se modela cada una de las casas en el programa Revit para hacer el análisis de asoleamiento que busca cuantificar la radiación solar que reciben las fachadas de las casas durante días y meses puntuales del año.

Se utiliza la rosa de vientos de Santa Fe de Antioquia para hacer un análisis de ventilación que busca identificar de donde provienen los vientos predominantes y si estos vientos están siendo aprovechados en las 3 casas.

Se hace un análisis de materialidad en la cubierta y la fachada utilizando como método una lista de materiales usados en cada una de las casas con sus respectivas características térmicas.

Se hace un análisis de la tipología edificatoria enfocándose en el número de pisos y su área, utilizando como herramienta de análisis AutoCAD y demás programas afines.

Se investiga y se lee acerca de la metodología EDGE y los lineamientos que propone para hacer de una construcción energéticamente sostenible.

Basándose en los resultados arrojados en los análisis anteriores se planteará estrategias de climatización pasiva mediante planos y esquemas que expliquen las estrategias.

Se hace una simulación digital de las estrategias planteadas anteriormente para verificar su correcto funcionamiento.

3) Marco Conceptual

3.1 Construcción sostenible

La construcción sostenible es una alternativa que se viene implementando desde el protocolo de Kioto con la certificación BREEAM para disminuir el impacto ambiental que genera la industria de la construcción ,según Groninga Billings “la industria de la construcción aporta el 39%de Co2 a la atmosfera, aporta un 30% a la problemática de generación de residuos sólidos y un 20%a la contaminación de las aguas” convirtiendo la construcción en un generador importante de agentes contaminantes, proponiendo la construcción sostenible como una alternativa para ayudar disminuir ese impacto ambiental y mejorar la calidad del ambiente. Según el concejo de la construcción verde “La Construcción Sostenible se puede definir como aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales. “Sirviendo como contramedida para cuidar los recursos naturales.

3.2 Diseño bioclimático

Se define diseño bioclimático “como aquel capaz de utilizar y optimizar los recursos naturales para su aprovechamiento en la mejora de las condiciones de habitabilidad, entendiendo la actividad arquitectónica como una filosofía o conjunto de pensamientos organizados que tienen como objetivo la integración del objeto arquitectónico en su entorno natural. Esta integración no debe concluir en el acto de proyectar, sino que debe extender su campo de acción para controlar las variables del proceso constructivo y de ejecución de la obra, contemplando las actuaciones necesarias que permitan preservar y mejorar las condiciones iniciales, utilizando técnicas de control y mantenimiento donde el usuario tome parte activa.” El diseño bioclimático orienta el diseño de los edificios en pro de un ahorro energético y de agua por medio de medidas activas y pasivas de climatización, Es importante porque se centra en ofrecer un confort térmico con un consumo mínimo de fuentes no renovables de energía adaptándose a las condiciones climáticas y locales para aprovechar el entorno para mejorar el confort.

Soleamiento “en Arquitectura se trata de la necesidad de permitir el ingreso del sol en ambientes interiores o espacios exteriores donde se busque alcanzar el confort higrotérmico, para poder lograr un asoleamiento adecuado es necesario conocer de geometría solar para prever la cantidad de horas que estará asoleado un lugar mediante la radiación solar que pase a través de ventanas y otras superficies no opacas. Es probable que luego de un estudio de asoleamiento se requiera controlar el ingreso de radiación solar mediante una adecuada protección solar y así poder regular el efecto del sol y su capacidad de calentar el interior de lugares habitables. Indistintamente necesita asolearse o protegerse del sol una superficie vidriada o una superficie opaca. En cada caso será sensiblemente diferente el modo en que el calor del sol se transmitirá al interior del local. Mejores disposiciones de una protección solar para una ventana.”

Ventilación “desde la perspectiva de la arquitectura, la ventilación es un aspecto clave a tener en cuenta ya que se trata de determinar con anticipación cómo se garantizará que el aire pueda renovarse en el interior de un edificio, ya sea a través de la salida o de un ingreso de aire. El objetivo de la ventilación, es garantizar la salubridad del aire y su renovación.”

La climatización pasiva es una medida que se implementa para “alcanzar un mejor confort térmico, menor consumo de energía en calefacción y refrigeración, menor costo de energía, de mantenimiento y un menor impacto ambiental.

Otros espacios habitados que ofrece confort térmico con un consumo mínimo o cero de fuentes no renovables de energía, se adapta a las condiciones climáticas locales y aprovecha el entorno para mejorar el confort térmico.

La climatización activa es una medida que se implementa para alcanzar un mejor confort térmico mediante aparatos electrónicos bien sea aires acondicionado, ventiladores o calefacciones.

Aire acondicionado

“Se puede establecer que la misión del aire acondicionado es la realización de determinadas funciones destinadas a proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. “Quiere, N, (2001), *Sistemas de aire acondicionado,* Buenos Aires, Argentina, Alsina.

Tipos:

El aire acondicionado de ventana es un aparato que consta de una unidad que se instala en el muro exterior, quedando la mitad del equipo por la parte de afuera y la otra mitad por la parte de adentro. El aire acondicionado de ventana funciona por medio de dos ciclos de aire: el ciclo de aire de la habitación y el ciclo de aire caliente. Ambos ciclos ayudan a que el aire acondicionado de ventana produzca el aire frío por medio del ventilador, el compresor y el serpentín de refrigeración. Sus ventajas más importantes son, fácil instalación, pequeño, silencioso y bajo consumo energético.

El aire acondicionado mini Split es un aparato que consta de 2 unidades la unidad interior y la unidad exterior, la interior va dentro del espacio a refrigerar .La unidad exterior está diseñada para estar a la intemperie es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se sobrecalentara y se apagara para evitar ser dañado. La unidad interior y exterior deben de estar conectadas entre sí. Por una parte, debe de haber conexión de tubería de cobre para gas refrigerante y por otra parte debe de haber conexiones eléctricas entre ambas.

El aire acondicionado Tipo Paquete también son conocidos como unidades centrales de aire acondicionado y se diferencian de los sistemas convencionales porque contienen los cuatro elementos del circuito de refrigeración básico condensador, evaporador, compresor y elemento expansor en un mismo gabinete. Este tipo de aire es también conocido como roof top por ser ubicado principalmente en el techo de los edificios donde se va a instalar.

Tipos de ventiladores

Ventilador de mesa

Ventilador de pared

Ventilador box fan

Ventilador de torre

Ventilador de techo

Características térmicas de los materiales constructivos de la envolvente

En climas cálidos y secos, la T del aire a menudo es superior a la de la piel. Es necesario favorecer construcciones de gran inercia térmica para acumular frío en las paredes durante la noche con el fin de restituirlo durante el día. El bajo nivel de humedad permite enfriar el aire por evaporación de agua. La presencia de vegetación ayuda a alcanzar las exigencias de bienestar.

3.3 Ahorro energético

Según el trabajo de grado de Sergio Monserrat de la universidad politécnica de Cataluña el ahorro energético “Es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr mediante la implantación de diferentes medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales de la comunidad. En el caso de edificios antiguos o ya construidos , la actuación ira encaminada en actuar directamente sobre el aislamiento de la envolvente térmica del edificio ,así como de escoger equipos de climatización con mayor eficiencia energética “teniendo en cuenta esto el ahorro energético es importante para la preservación de un recurso no renovable disminuyendo así su demanda de uso , de acuerdo a las estadística presentada por National Oceánica and Atmospheric Administration (NOAA) Los 20 años más calurosos de la historia desde que comenzaron las mediciones han sido registrados en los últimos 22 años. Y los registros de 2015 a 2018 ocupan los primeros cuatro lugares, Según el artículo “*Cambio climático: los 6 gráficos que muestran el estado actual del calentamiento global “publicado por BBC news el 3 de diciembre de 2018,*Habla sobre “una tendencia de aumento de la temperatura global que continua creciendo y de ser así la temperatura global podría aumentar entre 3°C y 5°C” Afectando seriamente el ecosistema terrestre viéndose reflejado en el aumento del nivel marítimo, el incremento en el acidez de los mares y la infertilizacion de los suelos para cultivo afectando directamente al ser humano. Por esta razón es tan importante el ahorro energético ya que menor consumo de energía es igual a menor consumo de combustibles fósiles lo que da como resultado una menor emisión de Co2 ayudando a disminuir el efecto invernadero.

3.4 Confort y bienestar

Confort térmico “está relacionado directamente con la temperatura del aire .Su valor medio recomendable oscila entre los 21°C en invierno y los 26°C en verano ,aunque se admiten pequeñas fluctuaciones en función de la humedad del ambiente ,la actividad y el tipo de usuario también es importante la diferenciación de entre temperatura humedad y seca el grado de humedad del aire acondiciona enormemente la percepción de la temperatura del usuario “María ,L.(2003).Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas(diplomado internacional).Universidad politécnica de Cataluña, España

Confort acústico “se consigue cuando son adecuadas las condiciones de producción sonora y se evitan las molestias que producen los ruidos. Un ruido puede ser molesto, aunque tenga un nivel de intensidad bajo, se produce la molestia por el hecho de ser sonido indeseado. Un sonido se considera excitante a partir de los 50db y puede llegar a producir lesiones a partir de los 95-100db.

Aunque el oído humano percibe frecuencias de entre 16 y 20.000 Hz, es más receptivo para la zona comprendida entre 200 y 5.000 Hz. Dentro de esta franja tiene mayor sensibilidad para frecuencias graves (<250 Hz) que agudas (>1000Hz), siendo estas últimas más perjudiciales para el oído.” María, L. (2003). *Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas* (diplomado internacional). Universidad politécnica de Cataluña, España

*Confort visual “*depende de la facilidad de nuestra visión para percibir aquello que le interesa. En el confort visual intervienen tres parámetros: la cantidad de luz, el deslumbramiento y el color de la luz.” María, L. (2003). *Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas* (diplomado internacional). Universidad politécnica de Cataluña, España

4) Marco contextual

4.1 Certificaciones de construcción sostenible a nivel global

Una certificación de construcción sostenible es una manera de avalar la calidad, del edificio desde un punto de vista sostenible evaluando ítems como ahorro energético, ahorro de agua, el confort y bienestar, qué se ven recompensados en el usuario, Las certificaciones en construcción sostenible se vienen implementando desde el protocolo de Kioto en el año 1997,con la primera certificación que se llamó BREEAM,desde ese momento han salido múltiples certificaciones cuyo objetivo final es ayudar a disminuir los consumos de un edificio convirtiéndolo en un edificio más sostenible, cabe aclarar que las certificaciones no son un requisito estrictamente necesario a la hora de comenzar a construir un edificio, pero tener el aval de alguna certificación en algunas ocasiones ayuda a disminuir los costos de impuestos o de cargas aplicadas al proyecto, sin mencionar el plus que le da al proyecto a la hora de venderlo como edificio con sello LEED o BREEAM.

Algunas de las certificaciones vigentes al día de hoy son:

4.1.1 EDGE

"Excellence in Design for Greater Efficiencies" "Es un software un estándar global y una certificación de construcción sostenible en más de 130 países.

La plataforma está destinada a cualquiera que esté interesado en el diseño de edificios sostenibles ya sea arquitecto, ingeniero o el dueño del edificio. EDGE puede ser usado para diseñar y certificar casas, hoteles y hospitales en cualquier etapa de su ciclo de vida esto incluye construcciones nuevas, existentes y renovaciones importantes.

El programa faculta el descubrimiento de soluciones técnicas para reducir gastos operacionales y el impacto ambiental; según las entradas de información del usuario y la selección de medidas ecológicas, revela ahorros proyectados y disminución de emisiones de carbono; Ofreciendo un conjunto de medidas técnicas que reducirán el consumo de energía y agua.

Solo se requieren un puñado de medidas para mejorar el rendimiento del edificio que resulta en costos de servicios públicos más bajos, una vida útil prolongada del equipo y un menor uso de los recursos naturales.

Para cumplir con el estándar EDGE; la construcción debe de lograr una reducción del 20% en las tres áreas cuando sea comparado con un punto de referencia local Esta certificación define un estándar global mientras contextualiza el caso base a los usuarios y su locación.

La metodología de EDGE consiste en un cálculo de rendimiento que aprovecha unas ecuaciones matemáticas basadas en principios climatológicos, transferencia de calor y construcción física, al recibir entradas de diseño, la calculadora muestra el rendimiento potencial de un edificio en las áreas de energía, agua y materiales." *International finance corporación. (2017). User guide for homes versión 2.0[Archivo PDF]. Recuperado de https://www.edgebuildings.com/technical/user-guides/*

Por estas razones, por la facilidad de manejo de esta certificación y por qué se ajusta a la norma de cada contexto donde se trabaja; decidí escoger EDGE como la certificación en la que voy a enfocar mi proyecto de grado.

4.1.2 LEED

“Leadership in Energy and Environmental Design, es el sistema de certificación más utilizado en el mundo para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de construcciones sostenibles. Al utilizar menos energía, los espacios certificados LEED ahorran dinero a las familias y empresarios, reducen las emisiones de carbono y contribuyen con ambientes saludables para el uso de residentes, trabajadores y la comunidad en general.” *Concejo colombiano de construcción sostenible. (2016). Programa LEED® en Colombia. Recuperado de https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/*

“LEED reconoce las estrategias y mejores prácticas de construcción, mediante distintos niveles de certificación que se alcanzan con créditos adaptados a las necesidades de cada proyecto. Se enfoca en el desempeño del edificio y tiene versiones para construcciones nuevas, edificios existentes, operación y mantenimiento, interiores comerciales y envolvente Uno de los objetivos principales de LEED es lograr cambiar la cultura de construir y luego añadir, sino más bien definir desde que el proyecto está en los planos los sistemas de ahorro de agua, el control de la iluminación, etc. Esto evita reconstrucción y sobrecostos, y asegura una construcción sostenible a largo plazo. A eso le llaman “proceso integrativo de diseño”, que busca incluir estrategias verdes pensando en las tres fases de todo proyecto: diseño, construcción y operación.” *Amarilo. (2018). ¿Qué es la certificación LEED? Recuperado de https://amarilo.com.co/blog/verde/que-es-la-certificacion-leed/*

4.1.3 BREEAM

“Building Research Establishment Environmental Assessment Metodología, fue creado en 1990 por el Building Research Establishment (BRE) del Reino Unido, Fue el primer sello de certificación desarrollado después del Protocolo de Kioto. Este sello es una herramienta que mide la sostenibilidad de distintos tipos de edificaciones, nuevas y existentes y se enfoca en los impactos de las edificaciones en su entorno, ha sido adaptado a varios países y cuenta con 115.000 edificios certificados en todo el mundo.

Todas las herramientas de evaluación y certificación se organizan en base a nueve categorías o áreas temáticas: gestión de la edificación; salud y bienestar; energía; transporte; agua; materiales; residuos; uso de la tierra y ecología; y contaminación.

Según la organización, la certificación pretende colaborar para cuatro objetivos específicos: reducir los impactos generales del urbanismo; reconocer los proyectos y comunidades según sus beneficios ambientales, sociales y económicos; proporcionar una etiqueta creíble para urbanismos enfocada en la sostenibilidad; estimular la demanda y asegurar el desarrollo efectivo de comunidades sostenibles. El sistema BREEAM comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de herramientas especializadas de aplicación a cada una de estas etapas entre las que se encuentran las siguientes : BREEAM Ecohomes de aplicación en edificios residenciales,BREEAM Healthcare de aplicación en hospitales y centros de salud,BREEAM Industrial para uso en edificios industriales,BREEAM Multiresidential de aplicación en edificios multiresidenciales,BREEAM Prisons para cárceles,BREEAM Offices para edificios de oficinas,BREEAM Education para escuelas y centros de formación,BREEAM International de aplicación en edificaciones ubicadas fuera del Reino Unido. El sistema de certificación utiliza la metodología de lista de verificación y evalúa un proyecto o construcción en base a requerimientos preestablecidos relacionados con diversos aspectos, desde el diseño, la construcción, hasta el metabolismo durante la vida útil del desarrollo urbano.” *Ricardo Estévez. (2013). BREEAM, un certificado veterano para la sostenibilidad de edificaciones. Recuperado de https://www.ecointeligencia.com/2013/06/breeam-certificado-sostenibilidad-edificaciones/.*

4.1.4 WELL

“WELL Building Standard™ brinda la oportunidad de diseñar y construir con un enfoque centrado en el ser humano, ocupándose primordialmente en su salud. Considerando a las personas en el centro del diseño, construcción, y operaciones, WELL está orientado, a nivel mundial, a la creación de ambientes saludables para vivir, trabajar, jugar, mejorar la salud y calidad de vida de quienes lo habitan. Los estándares han sido el resultado de siete años de investigación con científicos, médicos y arquitectos. Al igual que LEED, la Certificación WELL se otorga en tres niveles: Plata, Oro y Platino. Sin embargo, mientras que las normas BREEAM y LEED se centran en la relación entre los edificios y el medio ambiente, WELL reconoce la relación entre los edificios y sus ocupantes; aborda siete conceptos relacionados con la salud humana en el entorno construido: aire, agua, alimento, luz, fitness, comodidad y mente. Por lo tanto, un espacio bien certificado, es uno que se considera para mejorar la nutrición, la aptitud, el estado de ánimo, los patrones de sueño y el rendimiento de sus ocupantes.” *Niall Patrick Walsh. (2017).Certificación WELL, una ayuda para la salud y el bienestar humano.Recuperado de https://www.archdaily.co/co/867328/certificacion-well-una-ayuda-arquitectonica-para-la-salud-y-el-bienestar-humano.*

4.2 Construcción sostenible a nivel nacional

4.2.1 ¿Qué significa construcción sostenible en Colombia?

“Se entiende por construcción sostenible el conjunto de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de edificaciones, que permiten alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía señalados en la resolución 0549 de 2015, encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social.

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

Edificaciones sostenibles (Casas y Edificios)

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

Eficiencia energética

Eficiencia en agua

Calidad del ambiente interior

Sostenibilidad urbana

Por lo que se decidió que los siguientes aspectos fueran tomados en la primera fase de creación de la guía nacional de construcción sostenible:

Eficiencia energética de las edificaciones

Eficiencia del uso de agua en las edificaciones

Este enfoque tendrá el impacto más tangible, alcanzable y medible en emisiones de gases de efecto invernadero y disponibilidad de agua en Colombia. *“Ministerio de vivienda. Minvivienda: Cambio climático: Mitigación: Construcción sostenible. Tomado de http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible*

4.2.2 Normativas

Decreto 2811 de 1974 "Es el código nacional de recursos renovables y protección al medio ambiente "Ministerio de vivienda. (1974). Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974. [Archivo PDF].Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

El artículo 80 "De la Constitución Política establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. *"Constitución política de Colombia. Capítulo 3: de los derechos colectivos y del medio ambiente. [Archivo PDF]. Recuperado de http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-80*

Numerales 32 y 33 del artículo 5° de la **Ley 99 de 1993** "Le asignan al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la función de promover planes de reconversión industrial ligados al uso de tecnologías ambientalmente sanas, y de promover programas de sustitución de los recursos naturales no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energías no contaminantes ni degradantes. *"Ministerio del medio ambiente. Ley 99 de 1993. [Archivo PDF].Recuperado de http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf*

Artículo 11.4 de la **Ley 142 de 1994** "Establece que las entidades prestadoras de servicios públicos deben informar a los usuarios sobre la manera de utilizar con eficiencia y seguridad el servicio público respectivo. *"secretaria del senado. Ley 142 de 1994. [Archivo PDF]. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html*

Resolución 180919 de 2010 "Adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales. *"Instituto geográfico Agustín Codazzi. (2010). Resolución 180919 de 2010. [Archivo PDF].Recuperado de http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/Resolucion%20180919%20de%202010.pdf*

La norma técnica Colombiana **NTISO 50001** "es un estándar internacional de gestión de la energía destinado a reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero y otros impactos ambientales. Establece los sistemas y procesos para mejorar el desempeño energético dentro de las organizaciones, en donde se incluye el uso racional y eficiente de la energía". *Icontec. (2011). Sistemas de gestión de la energía requisitos con orientación para su uso. [Archivo PDF]. Recuperado de https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC-ISO50001.pdf.*

Decreto 1285/15 "El cual determina algunos lineamientos para que se dicten algunas normas técnicas concernientes a la construcción sostenible, particularmente con las políticas de ahorro de agua y energía en las edificaciones. *"Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2015). Decreto único reglamentario del sector de vivienda, ciudad y territorio. [Archivo PDF].Recuperado de http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%201285%20DEL%2012%20DE%20JUNIO%20DE%202015.pdf*

Resolución 549/15 “Está relacionado con las medidas para el ahorro de agua y energía en edificaciones, los parámetros que se adopten deberán tener como mínimo los siguientes aspectos:

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

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

Procedimiento para la certificación de la aplicación de las medidas

Procedimiento y herramientas de seguimiento y control a la implementación de las medidas.

Promoción de incentivos a nivel local para la construcción sostenible.

Ministerio de vivienda. (2015). Parámetros y lineamientos de construcción sostenible. [Archivo PDF]. Recuperado de *http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf*

4.2.3 Certificaciones

A nivel nacional las certificaciones que más se usan son la certificación LEED, y apenas está entrando en el país la certificación EDGE.

4.3 Construcción sostenible a nivel local

4.3.1 Normativas

Decreto 1285/15

Resolución 549/15

4.3.2 Certificaciones

Referencial CASA Colombia “es una herramienta de cambio cultural para: i) facilitar la estructuración costo eficiente de nuevos proyectos de vivienda; ii) promover el concepto de sostenibilidad integral, el cual incluye eficiencia en el uso de los recursos, y también la salud y el bienestar de los usuarios; y iii) aportar soluciones al mercado para el cumplimiento de la nueva normatividad asociada con la construcción sostenible del país (Decreto 1285/15 y Res.549/15 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

El Referencial CASA Colombia busca posicionarse como un sistema de certificación nacional, complementario a la transformación impulsada por LEED, en el que se tienen en cuenta las realidades y sobre todo las necesidades de articular mejores prácticas a la construcción de vivienda sostenible en el país.

El objetivo principal es brindar a la industria de la construcción colombiana una herramienta que facilite la construcción sostenible de viviendas, en el marco de una metodología transparente y ágil, en alineación con las políticas nacionales de crecimiento verde. Esta herramienta se orienta a facilitar la estructuración costo eficiente, promover el concepto de sostenibilidad integral y la medición y verificación de indicadores concretos de sostenibilidad de los nuevos proyectos inmobiliarios con uso residencial en el país. Como se explica más adelante, el referencial tiene aplicación para el segmento de vivienda de interés social (VIS) y vivienda de interés prioritario (VIP).

El Referencial CASA Colombia se compone de siete categorías, las cuales cuentan cada una con lineamientos previos obligatorios y también con lineamientos opcionales. Estos últimos son los que otorgan un puntaje y con un máximo de 100 puntos. La herramienta incluye un lineamiento general adicional de proceso integrativo, el cual es opcional en esta versión de la herramienta y al utilizarse brindaría dos puntos adicionales a la calificación final del proyecto.

Sostenibilidad con el entorno: esta categoría trata temas como conservación del ciclo hidrológico, protección del hábitat, reducción de la isla de calor, acceso de los residentes a espacios abiertos de calidad, entre otros

Sostenibilidad en obra: esta categoría promueve mejores prácticas en la etapa de construcción con el fin de minimizar impactos negativos al ambiente y a los espacios interiores. Las obras deberán tener planes de manejo de residuos, vertimientos y calidad del aire, y se deberán tener en cuenta aspectos como el manejo de la erosión, la escorrentía y el ruido.

Eficiencia en recursos: hay una serie de temas que promueven la eficiencia en el uso de agua, energía y materiales. Se busca garantizar que la puesta en marcha de los proyectos (construcción e instalación) esté acorde a las bases de diseño. Se requerirá de una adecuada gestión de la energía y del recurso hídrico a través de una verificación de los sistemas relacionados al consumo de agua y energía, para garantizar que se desempeñen conforme a los diseños y requisitos del proyecto. Una iniciativa del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), junio de 2016 Documento en desarrollo, versión beta para comentarios en www.cccs.org.co 14

Eficiencia en agua: esta categoría busca promover el uso eficiente del agua con el fin de reducir el consumo de agua potable y evitar desperdicios. De esta manera se proponen estrategias como la instalación de sistemas de bajo consumo, utilización de aguas lluvias, minimización del uso de agua en exteriores, entre otras.

Eficiencia en energía: esta categoría busca guiar el diseño para obtener viviendas más eficientes en el consumo de la energía e incentivar a los usuarios a adquirir equipos certificados en eficiencia energética. Se recomienda, en lo posible, realizar modelaciones energéticas con el fin de analizar y determinar el impacto real de las medidas implementadas en el proyecto en consumo energético, confort y emisiones de gases con efecto invernadero. En el caso de no tener la posibilidad de hacer modelaciones energéticas el Referencial CASA recomienda algunas medias específicas para reducir el consumo de energía de acuerdo con el alcance del proyecto.

Eficiencia en materiales: esta categoría promueve la transformación de la industria de materiales hacia productos más sostenibles integralmente, con el fin de mejorar la eficiencia y la responsabilidad económica, social y ambiental en todo el ciclo de vida. De esta manera, se reconocerán los proyectos que avancen desde la generación de certificaciones de primera parte y reportes de responsabilidad corporativa, hasta certificaciones de tercera parte con análisis de ciclo de vida y mejoras ambientales y sociales en toda la cadena de custodia.

Bienestar: esta categoría busca garantizar la calidad del aire en los espacios interiores y el confort de los usuarios, para la cual se establecen elementos mínimos de ventilación e iluminación. También se promueve que los proyectos implementen mediadas para proteger los espacios interiores del ruido y generen espacios de calidad para la actividad física.

Responsabilidad social: esta categoría fomenta que tanto trabajadores como residentes conozcan mejor las ventajas, prácticas y responsabilidades de los proyectos sostenibles. Se requerirá de la participación de la comunidad en la elaboración del proyecto y capacitaciones ambientales para los residentes. Se promueve también la inclusión de trabajadores locales y la educación ambiental a los empleados. *“Consejo colombiano de construcción sostenible. (2016). Referencial casa Colombia. [Archivo PDF]. Recuperado de https://www.cccs.org.co/wp/download/referencial-casa-colombia/*

4.3.3 Clima

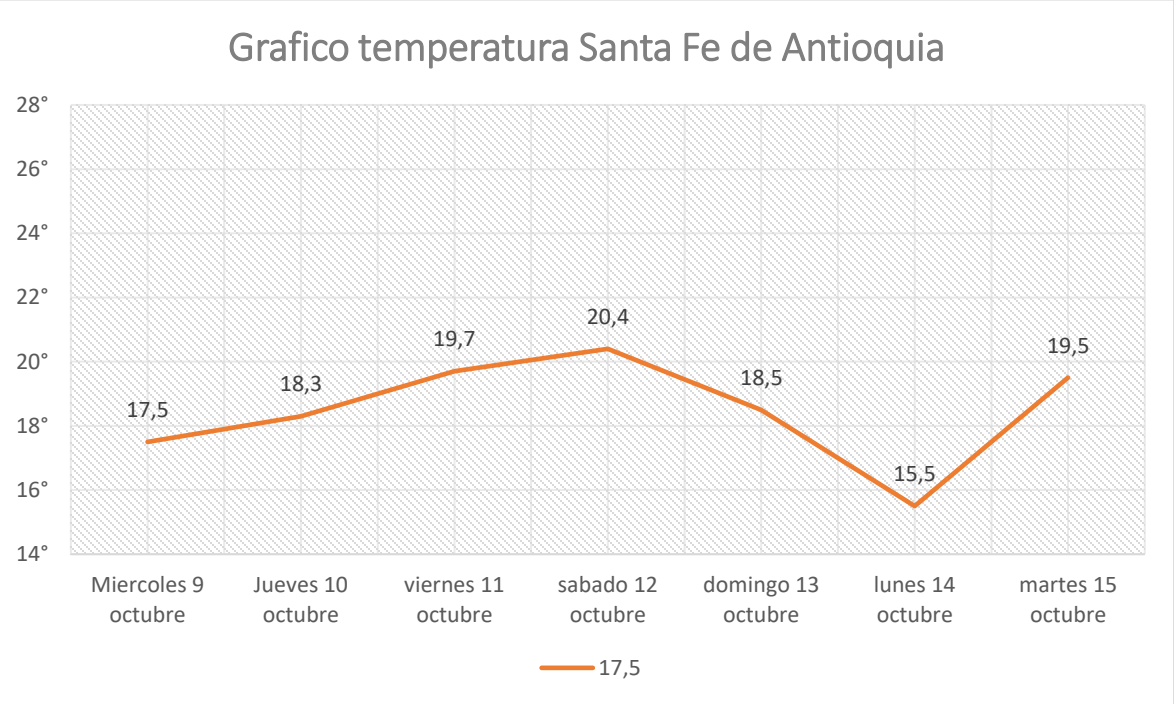
Según climate data.org El clima en Santa fe de Antioquia es cálido seco, tiene una temperatura promedio de 25.5°C, siendo marzo el mes más cálido alcanzando temperaturas de 26,7°C y octubre el más frio alcanzando temperaturas de 24,9°C variando 1.8°C anualmente. Según un estudio hecho por el IDEAM Santa Fe de Antioquia recibe un promedio de 11,7horas de sol al día. El municipio tiene alrededor de 1266 mm de precipitaciones en un año, el mes más seco es enero donde se presenta 20mm de precipitaciones y octubre es el mes más húmedo donde las precipitaciones alcanzan su pico con 184mm.

Código	Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Valor promedio (Horas de Sol al Día)												Promedio Anual	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
							ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
26215020	Cañafisto	Santafé De Antioquia	Antioquia	6,42	-75,82	500	6,2	5,8	5,4	5,0	5,1	6,0	6,5	6,2	5,0	5,0	5,2	5,4	5,6	14	jun-87	feb-05
26225030	Hacienda Cotove	Santafé De Antioquia	Antioquia	6,53	-75,82	530	7,1	6,9	5,9	5,4	5,4	6,2	6,9	6,6	5,7	5,4	5,8	6,2	6,1	31	feb-78	sep-12

Tabla 2 Promedio de horas de sol al día tomado de Climate-data.org

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	25.9	26.2	26.7	25.9	25.3	25.2	25.5	25.7	25	24.9	25	25.2
Temperatura min. (°C)	19.4	20.3	20.9	20.4	20.1	19.7	19.9	20.2	19.9	19.7	19.9	19.9
Temperatura máx. (°C)	32.5	32.2	32.6	31.4	30.5	30.8	31.1	31.2	30.2	30.2	30.1	30.6
Temperatura media (°F)	78.6	79.2	80.1	78.6	77.5	77.4	77.9	78.3	77.0	76.8	77.0	77.4
Temperatura min. (°F)	66.9	68.5	69.6	68.7	68.2	67.5	67.8	68.4	67.8	67.5	67.8	67.8
Temperatura máx. (°F)	90.5	90.0	90.7	88.5	86.9	87.4	88.0	88.2	86.4	86.4	86.2	87.1
Precipitación (mm)	20	37	50	122	168	126	124	129	139	184	112	55

Tabla 3 Datos históricos del clima en Santa fe de Antioquia tomado de Climate-data.org



5) Marco práctico

Tabla 4 Promedio consumo energético 6 últimos meses Tabla 5 Coeficiente de conductividad de los materiales

	PROMEDIO CONSUMO ENERGETICO 6 ULTIMOS MESES
CASA 1	1,096Kwh
CASA 2	653Kwh
CASA 3	Aun no las consigo

Material	Coeficiente de conductividad
Teja de barro	4.76 Kcal/m^2h °C
Ladrillo a la vista	0.8W/(m.K)
Vidrio crudo	1W/(m.K)

Casa N°1	
Area	222,9m2
#de pisos	2
Factura servicios publicos	Conseguidas
Materialdiad cubierta	Cubierta en teja de barro sobre tablilla
Materialidad Fachada	Ladrillo a la vista con una capa de pintura para darle un acabado brillante

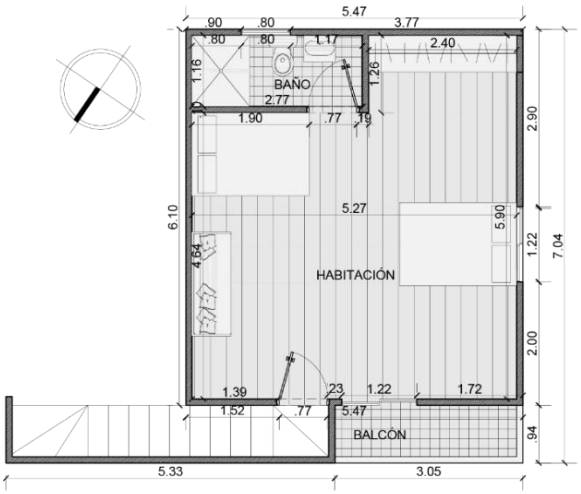
Aires acondicionados			
Marca	Electrolux	LG	General
Referencia	EAW12E3AJW	W081CM	AMH12UAS-W
Tipo	Ventana	Ventana	Ventana
Cantidad	1	2	1
Capacidad de refrigeracion	8.000 BTU/h	8.000 BTU/h	No aparece
Consumo energetico	1.220Kw	0,82Kw	No aparece

Ventiladores			
Marca	SANYO	Mars	KDK
Referencia	No aparece	No aparece	M56LG
Tipo	de techo orbital	de techo orbital	de techo industrial
Cantidad	3	2	1
Consumo energetico	No aparece	No aparece	70W

Universidad Pontificia Bolivariana

Ilustración 1 Ficha electrodomésticos casa N°1

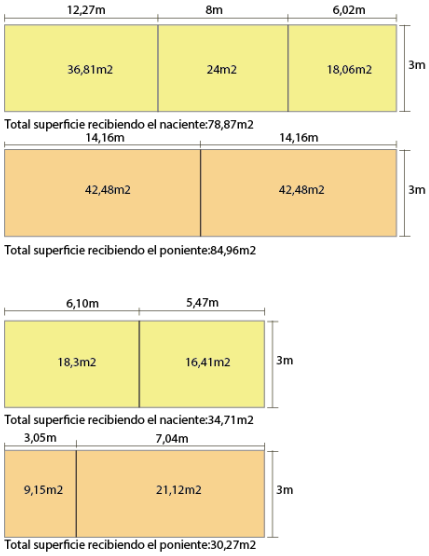
Planta primer piso
Esc:1-100

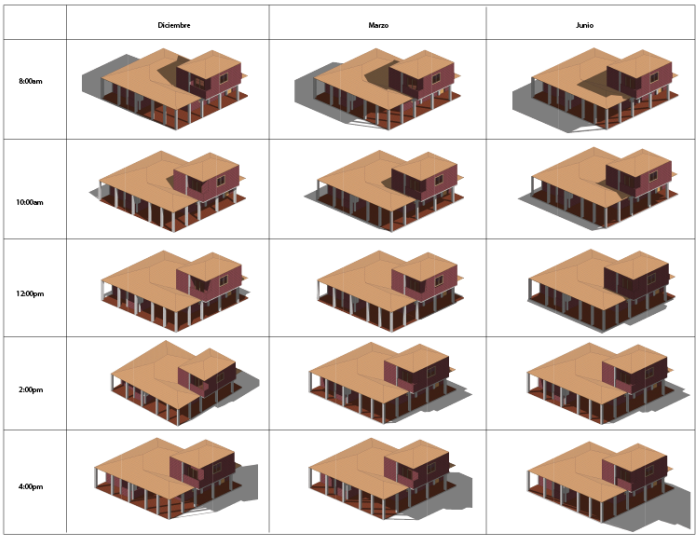


Planta segundo piso
Esc:1-100

Ilustración 2 Planos arquitectónicos casa N°1

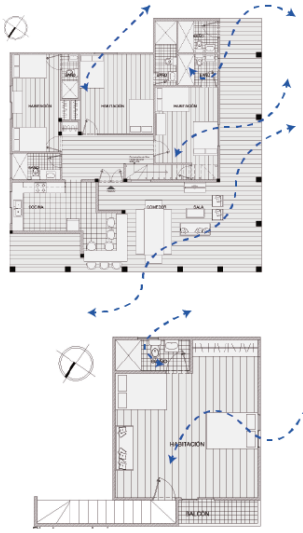
Análisis asolamiento





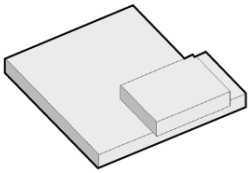
-El promedio de horas anuales de sol que recibe Santa Fe de Antioquia es de 6 horas.
-La superficie mas grande da hacia el poniente afectando el clima interior de la casa.
-La zona mas fresca de la casa se encuentra al lado de las escaleras,debido a que la Materialidad de la cubierta en ese punto ese diferente a la de toda la casa.

Análisis ventilación



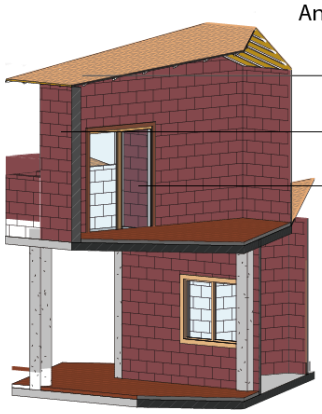
-La casa se encuentra ubicada diagonal a los vientos predominantes.
-Los vientos en Santa fe de Antioquia son vientos secos ,por lo que Las probabilidades de refrescar la casa por medio de ventilación natural No son tan viables.

Análisis tipología edificatoria



-La casa N°1 cuenta con 2 pisos
-El primer piso es el de mayor area
-El segundo piso contiene una habitación y un baño
-Su area total es de 221,74m2

Análisis materialidad de cubierta y envolvente



Material	Coeficiente de conductividad
Teja de barro	4.76 Kcal/m^2h °C
Ladrillo a la vista	0.8W/(m.K)
Vidrio crudo	1W/(m.K)

Ilustración 3 Análisis casa N°1

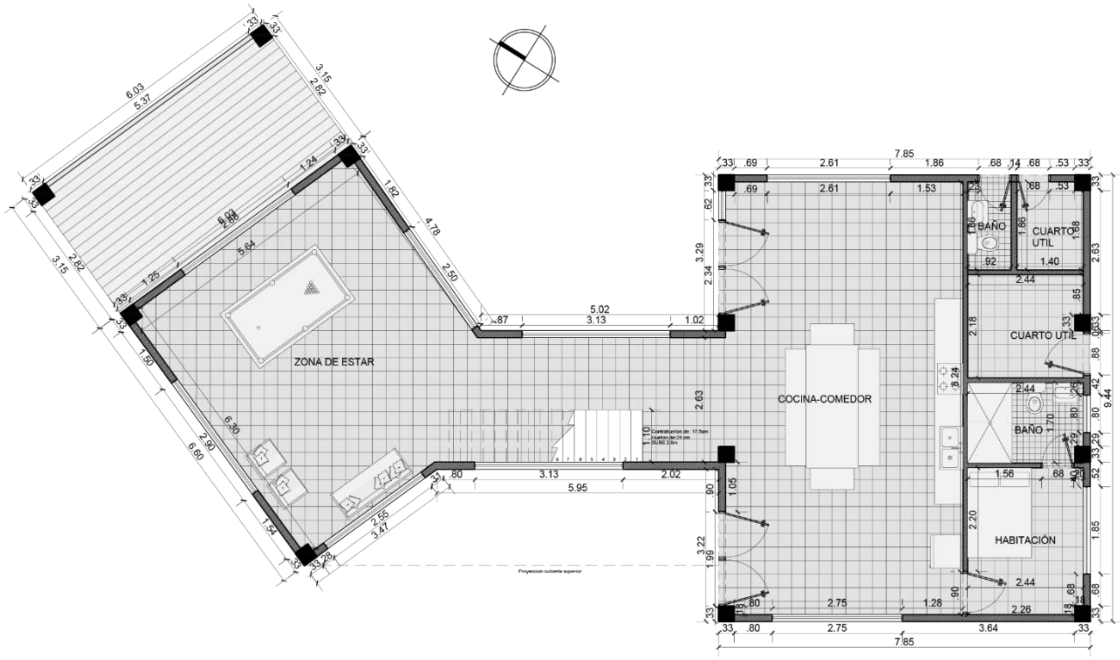
Casa N°2	
Area	248,6m2
#de pisos	2
Factura servicios publicos	Conseguidas
Materialdiad cubierta	Cubierta en teja de barro sobre tablilla
Materialidad Fachada	Ladrillo con revoque y una capa de pintura blanca.

Aire acondicionado	
Marca	Westing house
Referencia	Aire-2347
Tipo	split inverter
Cantidad	6
Capacidad de refrigeracion	18.000 BTU
Consumo energetico	1.380W

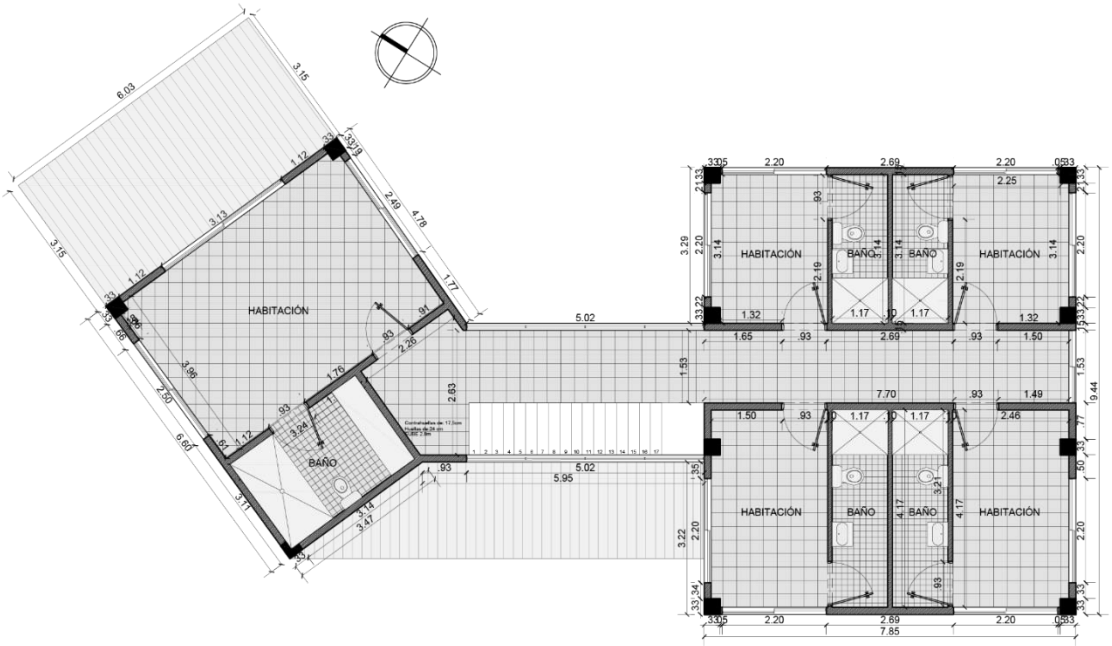
Ventiladores			
Marca	Hunter	Samurai	KDK
Referencia	Newson	Air Pro	M56LG
Tipo	de techo	de techo	de techo industrial
Cantidad	8	4	2
Consumo energetico	62W	85W	70W

Universidad Pontificia Bolivariana

Ilustración 4 Ficha electrodomésticos casa N°2



Planta primer piso
Esc:1-125



Planta primer piso
Esc:1-125

Ilustración 5 Planos arquitectónicos casa N°2

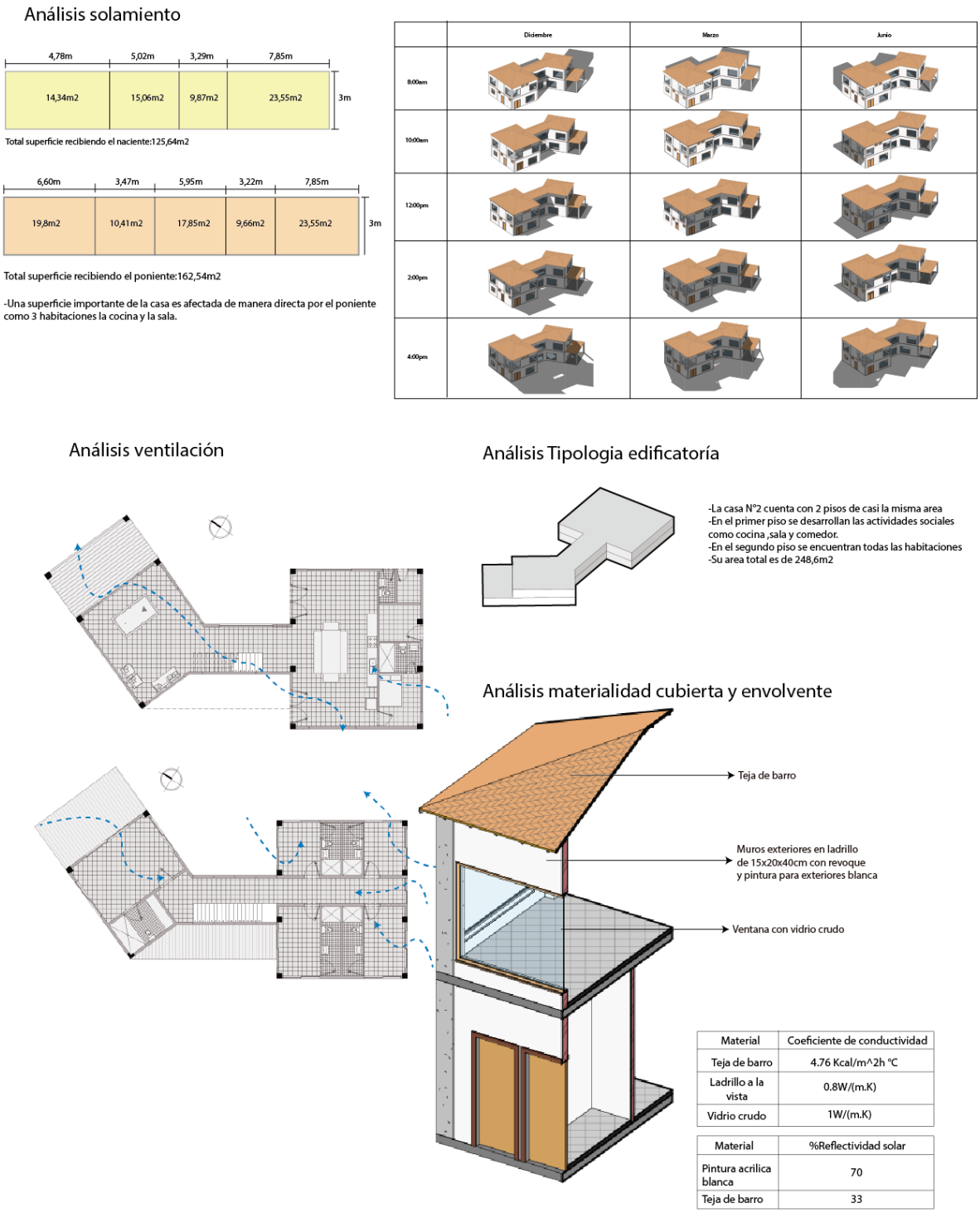


Ilustración 6 Análisis casa N°2

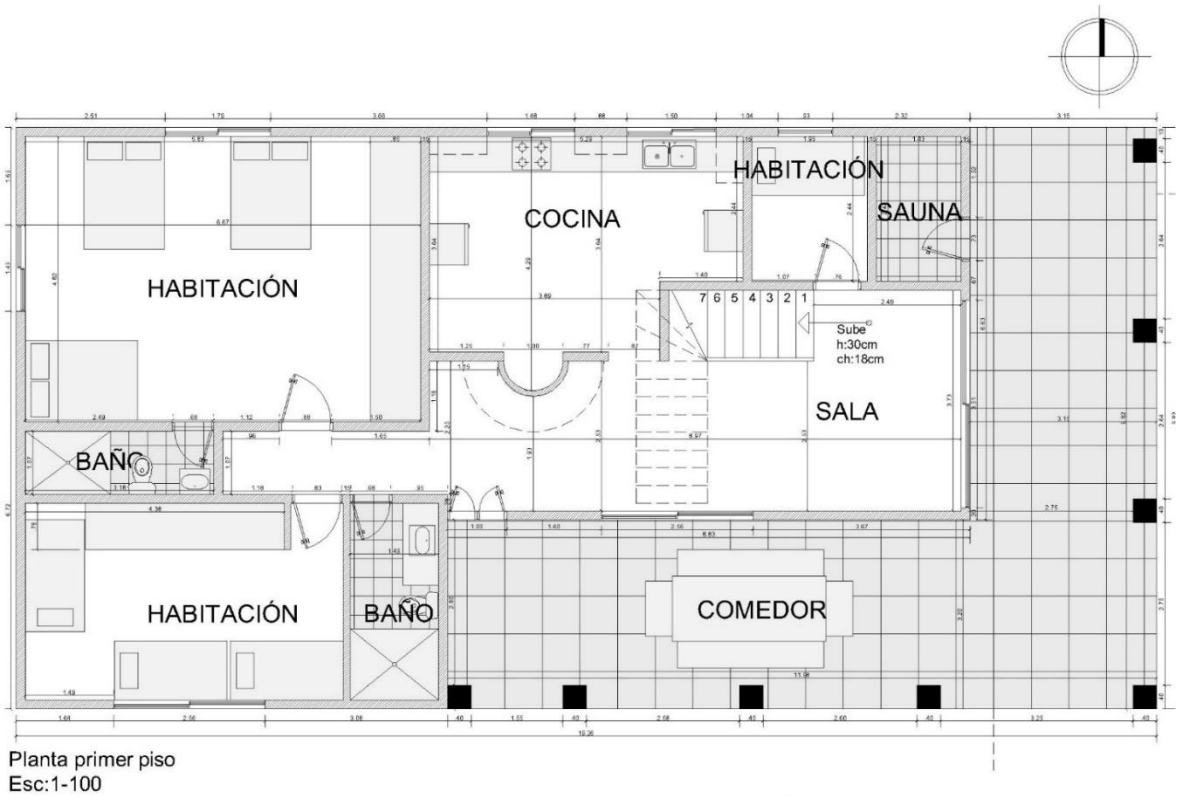
Casa N°3	
Area	210m2
#de pisos	2
Factura servicios publicos	Conseguida
Materialdiad cubierta	Cubierta en teja de barro sobre tablilla
Materialidad Fachada	Ladrillo con revoque grueso y una capa de pintura amarilla.

Aire acondicionado		
Marca	LG	Electrolux
Referencia	W122CM	EAW12E3AJW
Tipo	Ventana	Ventana
Cantidad	2	3
Capacidad de refrigeracion	12.000 Btu/h	12.000 Btu/h
Consumo energetico	1.220W	1.220W

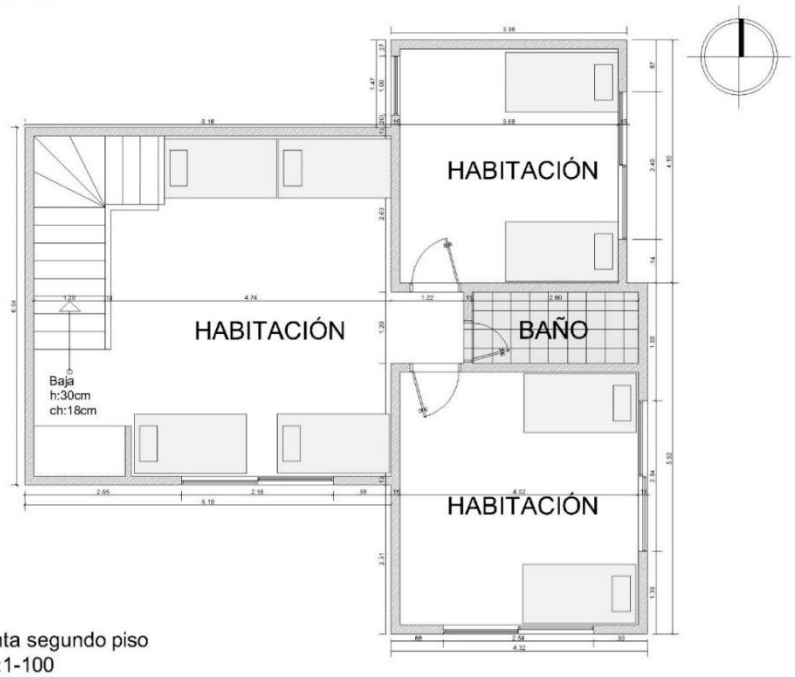
Ventiladores		
Marca	Samurai	KDK
Referencia	Air Pro	M56LG
Tipo	de techo	de techo industrial
Cantidad	1	6
Consumo energetico	85W	70W

Universidad Pontificia Bolivariana

Ilustración 7 Ficha electrodomésticos casa N°3



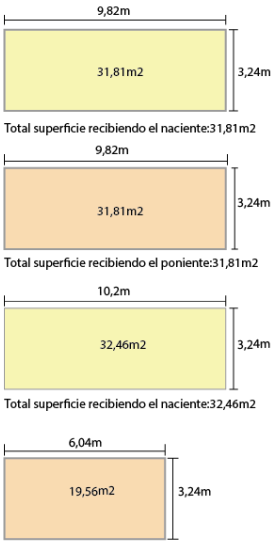
Planta primer piso
Esc:1-100

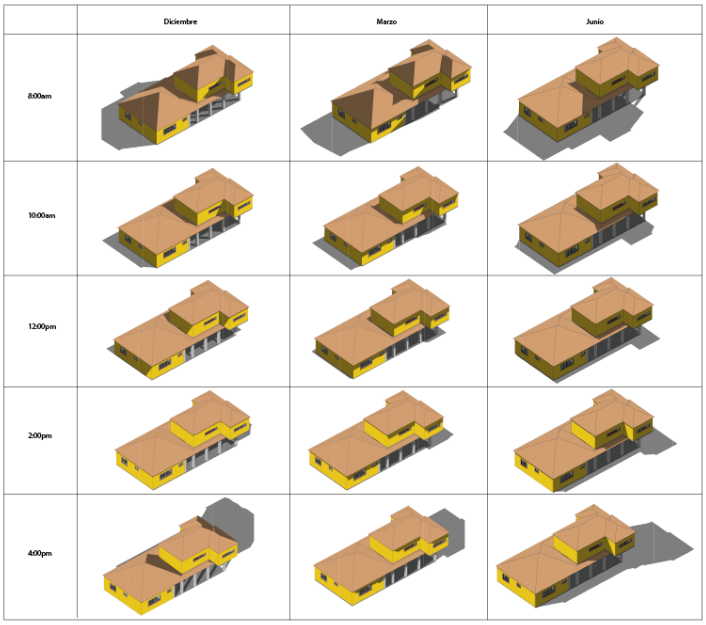


Planta segundo piso
Esc:1-100

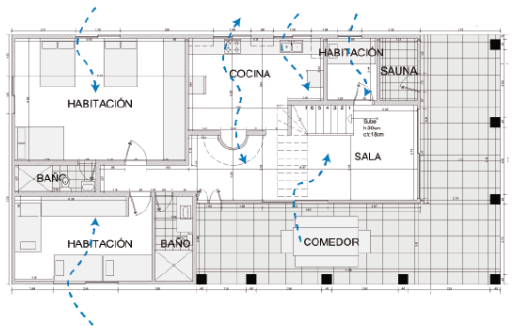
Ilustración 8 Planos arquitectónicos casa N°3

Análisis asolamiento

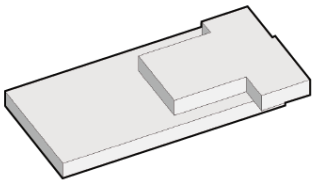




Análisis ventilación

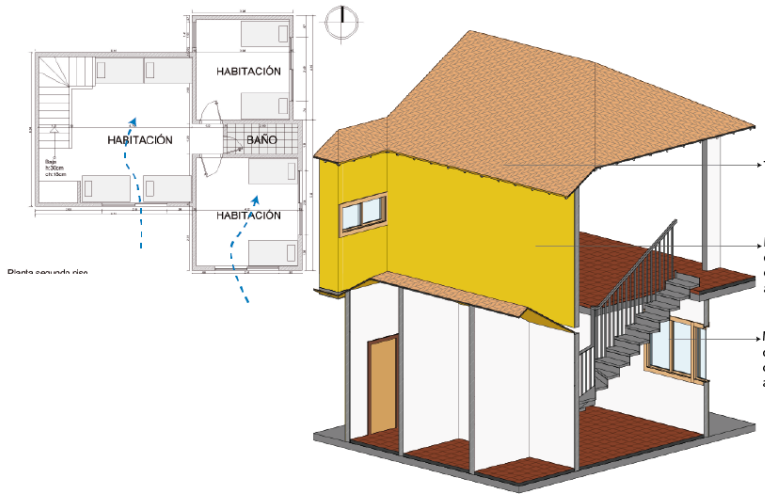


Análisis Tipologia edificatoría



-La casa N°3 cuenta con 2 pisos
-El primer es el de mayor area y donde se desarrollan todas las actividades sociales junto con las privadas
-En el segundo piso se encuentran tel resto de habitaciones
-Su area total es de 268,2m2

Análisis materialidad cubierta y envolvente



Material	Coeficiente de conductividad
Teja de barro	4.76 Kcal/m^2h °C
Ladrillo a la vista	0.8W/(m.K)
Vidrio crudo	1W/(m.K)

Material	%Reflectividad solar
Pintura amarilla	?
Teja de barro	33

Ilustración 9 Análisis casa N°3

5.1 Estrategias aplicables según el manual de usuario de EDGE

5.1.1 E01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior

Este capítulo habla sobre como el sol es la fuente de luz mas potente que aporta ganancias considerables de calor al edificio y como hacer para encontrar el equilibrio entre el porcentaje de vidrio en las fachadas para aprovechar al máximo la luz natural y disminuir la transferencia de calor que ayuda a reducir los consumos energéticos, este capítulo dicen que en climas templados y calientes el objetivo se centra en proporcionar la iluminación mínima a un espacio sin que sea excesiva la ganancia de calor y por el contrario en climas fríos el objetivo se centra en aprovechar al máximo la calefacción pasiva, otro punto importante que se toca en este capitulo es que las ventanas dependiendo del clima en que se pongan pueden jugar a favor o en contra del edificio por ejemplo las ventanas en clima frio se aprovechan para permitir el ingreso de radiación solar durante el día y así aprovechar la ganancia de calor que estas dejan entrar al edificio, al contrario de lo que pasa con las ventanas en clima cálido que juegan en contra del edificio debido a la rapidez con que dejan pasar el calor al interior lo cual hace que aumente considerablemente las cargas de refrigeración del edificio.

Hay una fórmula para saber qué porcentaje de superficie vidriada y pared tengo la cual es

WWR (%) = ∑ sup. vidriada (m 2) /∑ sup. bruta pared externa (m 2)

En climas cálidos si el porcentaje de WWR es alto esto significa que es un edificio que está transmitiendo demasiado calor al interior del edificio y por ende gastando mucha más energía en ventiladores y aires acondicionados.

En clima frio si el porcentaje de WWR es mas alto que el valor determinado esto significa que hay que tomar medidas como el aislamiento del vidrio, y utilizar vidrios dobles o triples.

5.1.2 E02 Pinturas reflectivas / Tejas para techo

En este capitulo nos hablan sobre la incidencia de un acabado reflectante en la disminución de la isla de calor y el aumento del confort térmico en un edificio, el factor clave de la reflectividad solar es el color, en climas cálidos los colores blancos y claros son recomendados por el manual.

El impacto que la reflectividad solar del techo tiene en el consumo de energía de un edificio depende de los niveles de aislamiento y del enfoque utilizado para refrigerar el edificio, por ejemplo: Los edificios que están muy bien aislados probablemente no se beneficiarán demasiado de los acabados de techo con alta reflectividad solar.

5.1.3 E03 Pintura reflectiva para paredes externas

Este capitulo es relativamente sencillo y habla sobre como dependiendo del color y su reflectividad este puede reducir la carga de refrigeración en los espacios con aire acondicionado y como puede mejorar el confort térmico en los espacios refrigerados pasivamente, muestra una tabla sobre materiales típicos para muros de fachadas y su reflectividad.

5.1.1 E04 Dispositivos de control solar externo

En este capítulo se habla sobre quiebra soles y sobre su importancia para disminuir el impacto de la radiación solar directa para reducir la ganancia de calor solar radiante en climas donde se impone la necesidad de refrigeración.

El capítulo aporta una ecuación para calcular el factor promedio de sombreado anual, expresando el factor de sombreado en resultados del 0 al 1 donde cero es el menor factor de sombreado y 1 el máximo factor de sombreado, a mayor factor de sombreado mayor capacidad de sombreado de la quiebra soles.

(ASSF)= 1−ganancia de calor solar anual total de una ventana con control solar (kWh)/ganancia de calor solar anual total de una ventana sin control solar (kWh).

El capítulo también nos brinda unas tablas donde diferentes tipos de factores de sombreado dependiendo de las orientaciones, latitudes y proporciones de la quiebra soles.

5.1.2 E05 Aislamiento del techo

En este capítulo EDGE explica que el aislamiento se utiliza para evitar la transmisión de calor del entorno exterior al espacio interior (en climas cálidos) y del espacio interior al entorno exterior (en climas fríos) y como el aislamiento contribuye a reducir la transmisión de calor por conducción, de forma que un mayor aislamiento implica un valor-U inferior y un mejor rendimiento. Los requisitos energéticos de un edificio bien aislado para su refrigeración o calefacción son más bajos.

5.1.3 E06 Aislamiento térmico de paredes externas

Este capítulo habla sobre el valor U que es un indicador de la cantidad de energía térmica (calor) que se transmite a través de un material, también se utiliza como un indicador de rendimiento, donde el uso de aislamiento mejora el valor U,el capítulo dice que si el valor U da menor al caso base la estrategia se aplicó satisfactoriamente.

El aislamiento se usa cuando no se quiere dejar pasar calor del exterior al interior para clima cálido y cuando no se quiere dejar salir calor del interior al exterior en clima frio, este ayuda para reducir la transmisión de calor por conducción, hablando en términos energéticos un edificio consume menos energía cuando este presenta buen aislamiento.

U es igual a la cantidad de calor que atraviesa un área por unidad de tiempo y por unidad de diferencia en la temperatura; se expresa en vatios por metro cuadrado Kelvin ($W/m^2 K$), la capacidad de aislamiento es directamente proporcional al grosor del material.

Esta medida en climas cálidos puede reducir la ganancia de calor al interior de un espacio, pero el efecto es menor.

5.1.4 E07 Vidrio con revestimiento de baja emisividad

En este capitulo se habla de una especie de pelicula fina de oxido metálico que lo que hace es reflejar la ganancia de calor dependiendo del lado de la cara que se ponga,por ejemplo en climas cálidos esta película de oxido se pone en el lado exterior del vidrio para reducir la ganancia de calor y en climas frios se pone al interior del vidrio para que el calor dentro del edificio no salga con tanta facilidad.

Las medidas de eficiencia energética para esta estrategia serán el SHGC y la conductividad térmica U;el SHGC indica la fracción de radiación solar que ingresa a través de una ventana ,se expresa en un numero del 0 al 1.

Hay dos tipos de revestimiento de baja emisividad:

- **Revestimiento duro de baja emisividad:** O revestimiento pirolítico se aplica a altas temperaturas y en aerosol en la superficie del vidrio durante el proceso de flotado del vidrio
- **Revestimiento blando de baja emisividad:** O revestimiento por pulverización se aplica por capas, este proceso se recomienda para ventanas de doble vidrio.

La aplicación de estos revestimientos disminuye la carga calorífica al reducir la pérdida de calor a través del vidrio o la carga de refrigeración al reducir la ganancia de calor solar.

5.1.5 E08 Vidrio de alto rendimiento térmico

En este capitulo un vidrio de alto rendimiento es un vidrio doble o triple que ofrece un rendimiento térmico superior y un revestimiento de baja emisividad, la transferencia de calor se reduce más que con el revestimiento de baja emisividad y puede lograrse un SHGC todavía menor.

5.1.6 E10 Ventilación natural

Este capitulo dice que para cumplir con la ventilación natural se debe de cumplir con unas condiciones mínimas las cuales son:

- Las condiciones geométricas que incluyen la “Relación entre la profundidad de la habitación y la altura del cielo raso” y la “Superficie mínima de abertura”.
- Si las habitaciones cuentan con sistema de refrigeración, el sistema de aire acondicionado de las habitaciones debe incluir un control automático que apague el aire acondicionado mientras la habitación se esté ventilando naturalmente.

Dependiendo del tipo de uso del edificio hay espacios que obligatoriamente deben de ser ventilados naturalmente, en este caso se está estudiando la vivienda en donde los espacios ventilados de manera natural son la cocina, las habitaciones y la sala.

Esta estrategia diseñada correctamente puede mejorar el confort de los ocupantes al proporcionarles aire fresco y reducir la temperatura, también ayudara a la disminución de la carga de refrigeración y los costos de mantenimiento.

Los factores clave para decidir la estrategia de ventilación adecuada son el tamaño de la habitación (profundidad, ancho y altura), como el número y la ubicación de las aberturas.

En este capitulo nos explican los 4 tipos de ventilación que hay y que tan eficaces

- **Ventilación por un solo lateral:** La ventilación por un solo lateral depende de las diferencias de presión existentes entre las distintas aberturas de un único espacio. Es más previsible y eficaz que si solo hay una abertura y, por lo tanto, puede utilizarse en espacios con una mayor profundidad. En aquellos espacios con una única abertura, la ventilación se produce por corrientes de turbulencia. Estas corrientes crean una acción de bombeo en la abertura única, lo que da lugar a pequeñas entradas y salidas de flujo. Como este es un método menos previsible, se reduce la profundidad alcanzada en las habitaciones con ventilación por un solo lateral y con una única abertura.
- **Ventilación cruzada espacios únicos:** La ventilación cruzada de espacios únicos es el enfoque más simple y eficaz. La ventilación cruzada se produce mediante diferencias de presión entre los lados de barlovento y sotavento del espacio en cuestión.
- **Ventilación cruzada espacios divididos:** Se puede conseguir una ventilación cruzada en las habitaciones divididas creando aberturas en el tabique del pasillo. Este método solo es aceptable en aquellos casos en que una habitación tiene acceso a los lados de barlovento y sotavento del edificio, ya que la ventilación del espacio de sotavento depende del ocupante del espacio de barlovento.
- **Ventilación vertical:** La ventilación vertical aprovecha la estratificación térmica y los diferenciales de presión del aire asociados. El aire caliente es menos denso y se eleva, mientras que el aire más frío sustituye al aire que se ha elevado. Para este tipo de ventilación son necesarios atrios o diferencias de altura.

Para lograr un flujo de ventilación natural aceptable, se debe tener en cuenta la siguiente metodología: i) la relación máxima entre la profundidad del piso y la altura del cielo raso, y ii) la ganancia de calor que se debe disipar, que determina la superficie total de la abertura.

La profundidad del espacio que se puede ventilar mediante una estrategia de ventilación de flujo cruzado depende de la altura del piso al cielo raso, así como del número de aberturas y su ubicación.

La superficie mínima de abertura requiere de las ganancias de calor previstas en un espacio dado,para los espacios de las casas la superficie mínima de las habitaciones y la sala es de un 20% y para la cocina un 25%.

5.2 Cálculos necesarios para la toma de decisiones sobre que estrategias implementar en las casas

PROPORCION VENTANA PARED			
	%Superficie vidriada	%Superficie pared	%WWR
Casa N°1	10,59	98,16	**10,79**
Casa N°2	89,20	229,89	**38,80**
Casa N°3	24,77	232,12	**10,67**

Tabla 6 porcentaje WWR

En esta tabla se puede observar que el porcentaje WWR de la casa **N°2** es muy alto lo que significa que se debe concentrar en reducir este porcentaje almenos a un 20%.

-

AISLAMIENTO DEL TECHO				
	m2 superficie del techo	Transmitencia termica	Kelvin	Total Valor U
Casa N°1	194,73	0,34	298,65	0,000006
Casa N°2	168,05	0,34	298,65	0,000007
Casa N°3	207,04	0,34	298,65	0,000005

Tabla 7 Transmitencia térmica de la cubierta

En esta tabla se mide la transmitencia termica actual de cada una de las cubiertas de las diferentes casas,dando valores casi nulos,sin embargo la casa **N°2** sigue siendo la que presenta un valor mas alto volviendola un punto focal.

AISLAMIENTO DE LAS PAREDES EXTERNAS				
	m lineal paredes externas	Transmitencia termica	Kelvin	Total Valor U
Casa N°1	77,81	0,34	298,65	0,0000146
Casa N°2	168,05	0,34	298,65	0,0000068
Casa N°3	207,04	0,34	298,65	0,0000055

Tabla 8 Transmitencia térmica de la envolvente

En esta tabla se midio la transmitencia termica actual de la envolvente de cada una de las casas la cual arrojo como resultado que la envolvente de la casa **N°1** es la mas critica debido a que no tiene ningun tipo acabado ya que su acabado es ladrillo a la vista.

COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR SOLAR					
	valor -U del vidrio	m2 superficie del vidrio	valor -U del marco	m2 superficie del marco	SHGC
Casa N°1	5,7	8,79	2,1	1,80	5,09
Casa N°2	5,7	76,90	5,7	8,48	5,70
Casa N°3	5,7	20,87	2,1	3,87	5,14

Tabla 9 Calculo de SHGC

En esta tabla se midio el coeficiente de ganancia solar de la superficie vidriada de cada una de las casas arrojando como resultado de nuevo que la casa **N°2** es la mas critica en este aspecto,debido a esto se deben de optar por cambiar los vidrios por crudos por un vidrio de alto rendimiento termico o por un vidrio con revestimiento de baja emisividad.

	Casa 1	Casa 2	Casa 3
HME01 Reducción de la proporcion de vidrio en las fachadas			
HME02 Pintura reflectiva para tejas			
HME03 Pintura reflectiva para paredes externas			
HME04 Control solar externo			
HME05 Aislamiento del techo			
HME06 Aislamiento termico de paredes externas			
HME07 Vidrio de baja emisividad			
HME08 Vidrio de alto rendimiento termico			

Tabla 10 de estrategias que se le van a aplicar a las casas

La razon por la que unas casas se le aplican ciertas medidas y a otras no tiene su justificacion en las tablas anteriores,por ejemplo la reduccion de la proporcion de vidrio en las paredes solo se le aplicara a la casa N°2 que fue la casa que arrojo un mayor porcentaje de superficie vidriada y %WWR según los calculos.

Se aplica la estrategia de pintar las cubiertas de color blanco o en su defecto un color claro porque el color blanco según el manual de usuario EDGE ,tiene una reflectividad solar del 80% mientras que la teja actual de las cubiertas solo tiene un porcentaje de reflectividad solar del 33%.

La estrategia de pintura reflectiva para paredes externas se aplico unicamente a la casa N°1 debido a que es la que presenta el valor U mas alto gracias a que las paredes no presentan ningun tipo de acabado en comparación de las otras dos casas que si lo tienen.

La estrategia de control solar externo me pareció importante aplicarla en las 3 casas porque ninguna de las 3 casas tiene persianas, aleros o cualquier tipo de control solar externo para contrarrestar un poco el impacto del sol durante el día, sin embargo sigue siendo la casa N°2 la más afectada por el sol debido a que tiene un área importante de superficie vidriada sin ningún tipo de protección.

La estrategia de aislamiento del techo se aplicó únicamente a la casa N°2 por que según los cálculos es la casa que presenta el valor U más alto de las 3.

La estrategia de aislamiento térmico de las paredes externas se aplica únicamente a la casa N°1 debido a que sus paredes no tienen ningún tipo de acabado que contrarreste los efectos del sol durante todo el día e impida la transferencia de calor al interior de la casa.

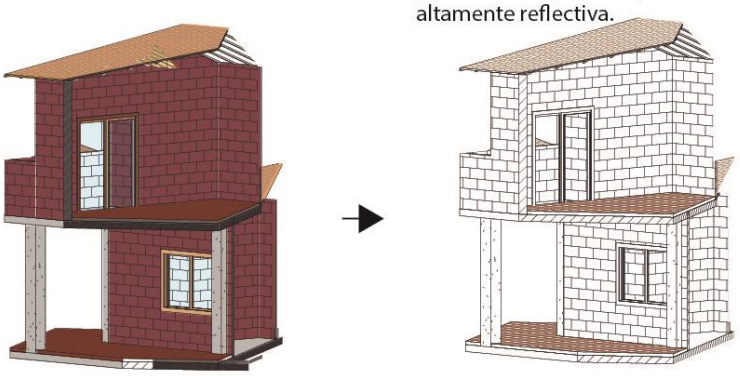
5.3 Estrategias aplicadas a las casas

Modificaciones casa N°1

Aplicación estrategia HME02 y HME03

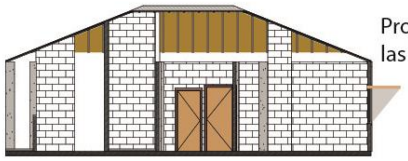
Situacion actual

Propuesta de cambio de color en el techo y las fachadas por una pintura blanca altamente reflectiva.



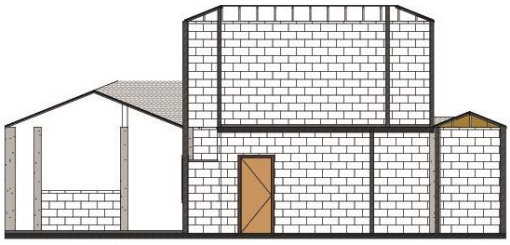
Aplicación estrategia HME04

Situacion actual

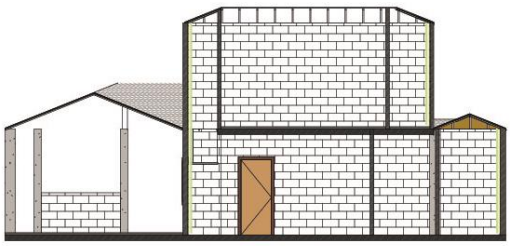


Propuesta de aleros horizontales en todas las fachadas de la casa.

Aplicación estrategia HME06



Situacion actual

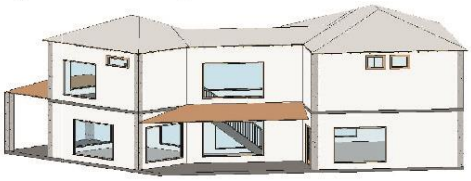


Propuesta de aislamiento termico en todos los muros exteriores con lar y fibra de vidrio.

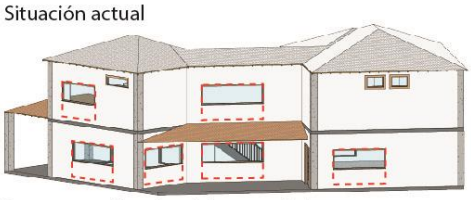
Ilustración 10 Aplicación de estrategias a la casa N°1

Modificaciones casa N°2

Aplicación estrategia HME01



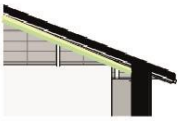
Situación actual



Propuesta disminución area de las ventanas,esta estrategia se aplica a todas las fachadas de la casa.

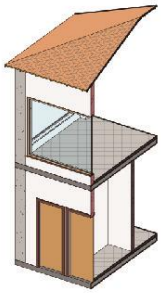
Aplicación estrategia HME05

Situación actual

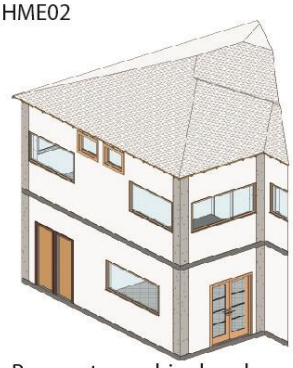


Propuesta de aislamiento del techo con lana y fibra de vidrio.

Aplicación estrategia HME02



Situación actual



Propuesta cambio de color en tejas por pintura blanca reflectiva.

Aplicación estrategia HME04

Situación actual

Propuesta de aleros en todas las fachadas de la casa.

Ilustración 11 Aplicación de estrategias a la casa N°2

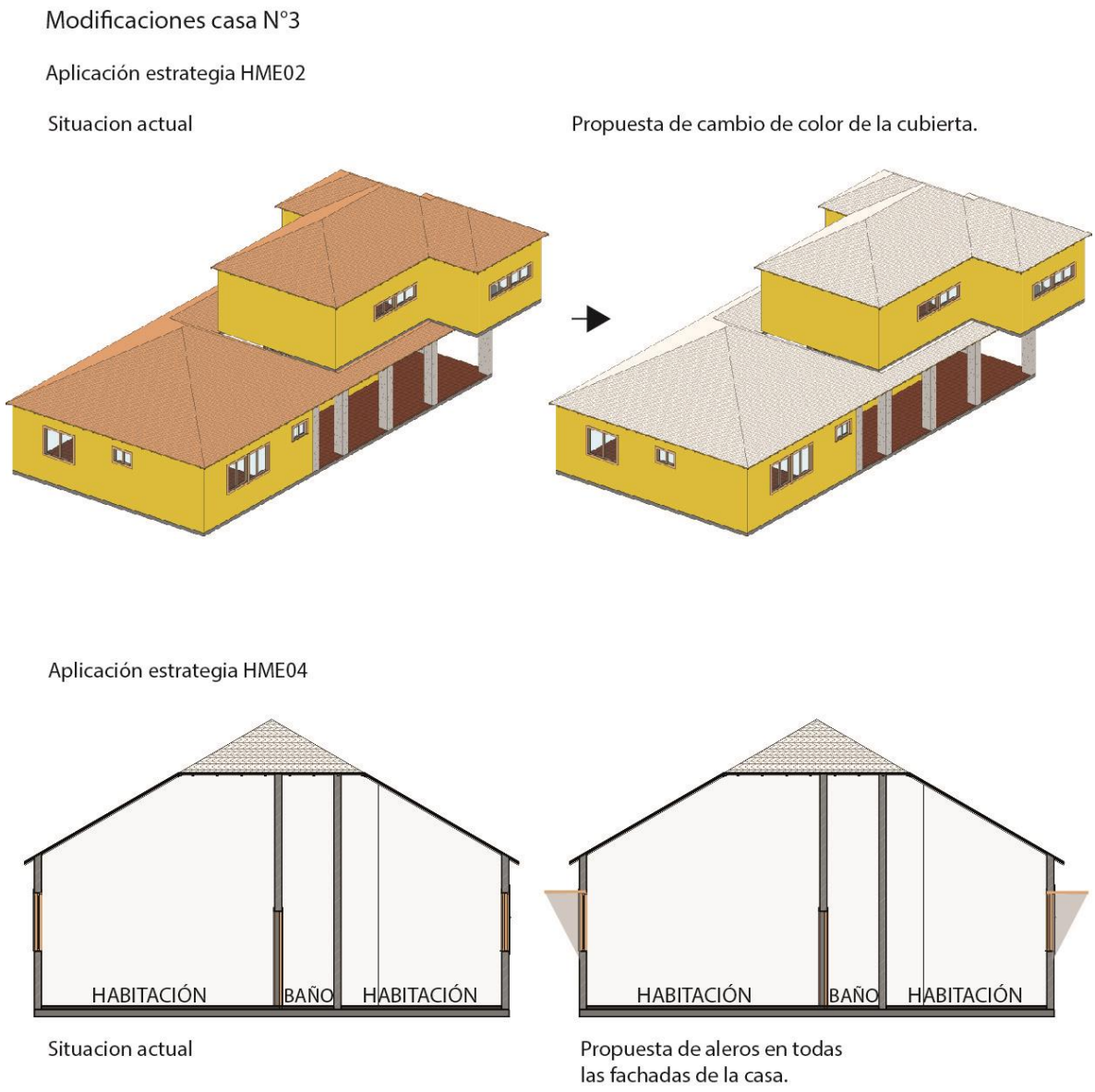


Ilustración 12 Aplicación de estrategias a la casa N°3

5.4 Simulaciones con EDGE

Se eligio trabajar con la certificación EDGE debido a su sencillez en la manera de explicar los temas y a la facil accesibilidad para estudiarla en comparación con otras certificaciones,otro de los motivos por los que elegi trabajar con esta certificación fue porque según varias noticias que he leido a lo largo de esta monografia hablan sobre como esta certificación esta tomando fuerza en el sector de la construcción del pais y conocerla seria una importante oportunidad para mi como estudiante de obtener una oportunidad laboral mucho mas facil en el momento en que me gradue.

Utilizando la aplicación de EDGE Online, se realiza una simulación de cada una de las casas analizando el comportamiento energético de cada una de ellas tanto en su estado actual, como con las estrategias de mejoramiento aplicadas,Luego se hace un análisis comparativo entre los resultados que arrojan las simulaciones para observar que casa fue la mas mejoro con las estrategias aplicadas.

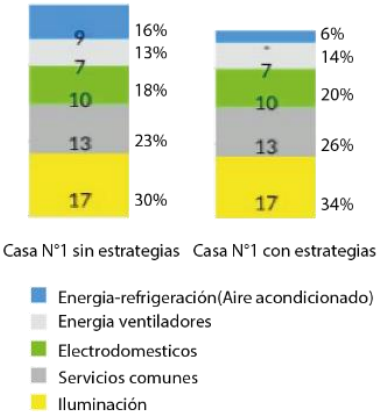


Ilustración 13 Simulación casa N°1

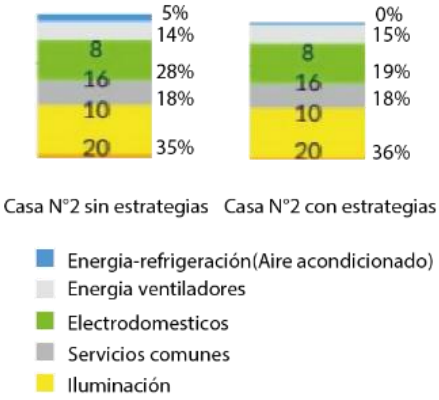


Ilustración 14 Simulación casa N°2

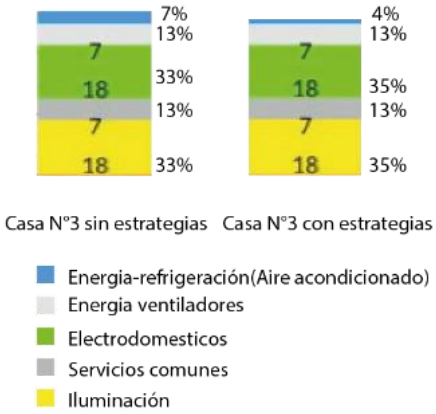


Ilustración 15 Simulación casa N°3

Aunque en los objetivos iniciales no se encontraba hacer un analisis del consumo energetico por parte de la iluminación,el desarrollo de las simulaciones anteriores con las estrategias aplicadas me llevo a ver que la iluminación juega un papel muy importante en el consumo energetico de las casas,por lo cual la iluminación se convierte en motivo de analisis en este punto.

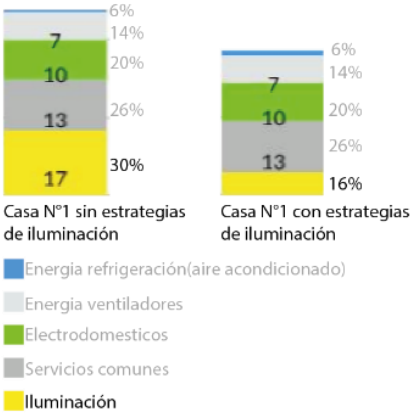


Ilustración 17 Simulación casa 1

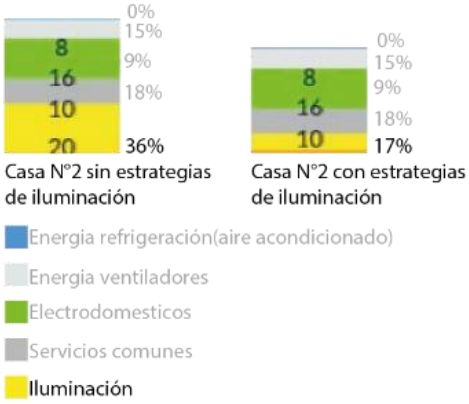


Ilustración 16 Simulación casa 2

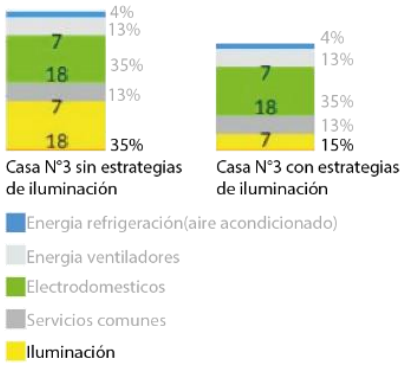


Ilustración 18 Simulación casa 3

5.5 Análisis comparativo

Cabe resaltar que todas las viviendas al dia de hoy estan equipadas con ventiladores de techo por espacio lo cual ayuda a reducir el consumo energetico de aire acondicionado en las casas sin implementar ninguna estrategia,La casa N°1 logra reducir su consumo energetico por parte del aire acondicionado en un 10%,y mirando el item de consumo energetico por parte de la iluminación se logra reducir a la mitad.En la casa N°2 se muestra que el consumo energético por parte de aires acondicionados se logra reducir en un 5% llevando este valor a 0% observando la grafica de consumo energetico por parte de la iluminación esta se logro reducir un 15% dejando el consumo al 17%total de la casa.En el caso de la casa N°3 el consumo energetico por parte del aire acondicionadomuestra un consumo energético en la parte de aires acondicionados de 7% porcentaje que se logra reducir a un 4% al implementar las estrategias.De las 3 casas la que logra reducir mas su consumo energetico hablando del tema de refrigeración es la casa N°1,seguida de la casa N°2 dejando en ultimo lugar la N°3

6) Conclusiones

Mediante el desarrollo exhaustivo de la investigación se llego a varias conclusiones, la primera, no es posible erradicar por completo el uso de aires acondicionados en un clima cálido seco como el de Santa Fe de Antioquia, debido a que su temperatura promedio es de 25,5°C y la temperatura promedio más confortable para el ser humano se encuentra entre los 18°C y los 20°C, por otra parte y respondiendo a la pregunta inicial de investigación si es posible reducir el uso de aires acondicionados mediante la implementación de estrategias pasivas de climatización, según los análisis hechos con la aplicación on line de EDGE se pudo corroborar que estrategias son más y menos eficientes en función del ahorro energético por ejemplo los aislamientos de paredes y techo son estrategias que se implementaron en algunas casas pero estas estrategias no hicieron un mayor cambio en la reducción del consumo energético, en la casa 1 antes de implementar esta estrategia el consumo energético por parte de aires acondicionados era de un 5% numero que se logró reducir a un 4%, a diferencia de la estrategia del vidrio de alto rendimiento térmico que sin aplicarlo la casa presentaba un consumo energético por parte de aires acondicionados del 5% y al aplicarlo se logro reducir a 0%.

Otras estrategias que me parecen importantes resaltar, que no son costosas ni difíciles de aplicar y hacen una diferencia importante en la reducción del consumo energetico de un proyecto, es la reducción de la proporción vidrio pared, esta es una estrategia que se debería de tener en cuenta en el momento del diseño de cualquier proyecto, pero si no se tuvo en cuenta se puede aplicar una vez construida, esta estrategia se aplicó a una de las 3 casas y según el simulador de EDGE, la aplicación de esta estrategia mostró una reducción del 5% ya que sin aplicarla el consumo energético de la casa se encontraba en 10% y al aplicarla se logró reducir a un 5%, por otra parte la estrategia de la incorporación de elementos para el control solar externo mostró un porcentaje de reducción importante en la barra del consumo energético de las casas a las que fue aplicada, sin esta estrategia el consumo energético en las casas tenia un promedio de 12% numero que en muchas de las casas se logró reducir hasta un 6%, siendo estas dos estrategias a mi criterio las que más funcionaron y ayudaron a las 3 casas a reducir el consumo energético anual, a mejorar su confort interno y por ende a la reducción del uso de aires acondicionados.

Este trabajo de grado me sirvió para reafirmar mi teoría sobre las consecuencias de un mal diseño y las incidencias de este sobre sus usuarios, la bioclimática y la sostenibilidad no deberían de ser solo una “rama” de la arquitectura; la bioclimática y sostenibilidad deberían de ser componentes inherentes en el diseño de un proyecto, garantizando así un proyecto que entienda las dinámicas bioclimáticas de su entorno y donde el enfoque central del proyecto sea el usuario y los lineamientos necesarios para su confort al interior del mismo.

7) Bibliografía

“Obras desbordan crecimiento del occidente cercano.(05/07/16).El Colombiano https://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin-se-acerca-al-triangulo-de-occidente-CF4106040.

En el occidente se promueve el crecimiento urbano. (30/09/16). El mundo. *https://www.elmundo.com/portal/noticias/territorio/en_el_occidente_se_promueve_el_crecimiento_urbano.php#.XWXwTChKg2w*

Concejo de la construcción verde. Recuperado de *https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf*

Introducción al diseño de espacios desde la óptica medioambiental. Tomado de *https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig32954/informacion_academica/Introducci%F3n%20a%20la%20construcci%F3n%20sostenible%20I.pdf*

Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva. (2002 Junio).Tomado de *http://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG_Politikwissenschaften/FG_DidaktikderpolitischenBildung/AbsolventinnenInitiative/01_Manual_dise%C3%B1o_pasivo_2006.pdf*

Sergio Monserrat Serrano. (2012). Eficiencia energética en edificios residenciales y metodología para su calificación energética. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Rescatado de *https://core.ac.uk/download/pdf/41806890.pdf*.

Climate-Data. Recuperado de *https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/antioquia/santa-fe-de-antioquia-50304/#climate-table*