

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS SOSTENIBLES EN  
UNA VIVIENDA DE INTERÉS PRIORITARIO (VIP) UBICADA EN LA CIUDAD  
DE BARRANQUILLA**

**PRESENTA:**

VALENTINA ISABEL BARRIOS ANDRADE

JAVIER ENRIQUE MERCADO VEGA

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA – CUC  
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL  
BARRANQUILLA, ATLÁNTICO  
2021**

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS SOSTENIBLES EN  
UNA VIVIENDA DE INTERÉS PRIORITARIO (VIP) UBICADA EN LA CIUDAD  
DE BARRANQUILLA**

**PRESENTA:**

VALENTINA ISABEL BARRIOS ANDRADE

JAVIER ENRIQUE MERCADO VEGA

**TRABAJO DE GRADO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR:**

PhD. MICHEL MURILLO ACOSTA

**CO-ASESOR:**

PhD. CÉSAR CARDONA ALMEIDA

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA – CUC  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL  
BARRANQUILLA, COLOMBIA  
2021**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Firma presidente del jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Nota obtenida**

**Dedicatoria**

Este trabajo de grado es dedicado a cada una de las personas que han sido de ayuda a lo largo de mi crecimiento profesional, a mi familia, mis padres como apoyo en la toma de decisiones y mis hermanos como ejemplo e inspiración para alcanzar los sueños.

Javier Enrique Mercado Vega

Dedico este trabajo de grado a mi familia que siempre ha sido un apoyo incondicional en mi desarrollo personal y profesional, a mis amigos y compañeros que fueron de gran ayuda a lo largo de mi carrera y toma de decisiones y a mi pareja que siempre me alentó a continuar en el cumplimiento de mis metas y sueños.

Valentina Isabel Barrios Andrade

### **Agradecimientos**

Manifiesto mis agradecimientos a la Universidad de la Costa por trazar de la mejor manera el inicio de la ruta que me guía en una vida profesional con pensamiento crítico, por su esfuerzo en brindar una formación integral que aporta no solo en un crecimiento intelectual, sino también social y moral, a mis amigos y compañeros universitarios quienes fueron un gran apoyo en este escenario de crecimiento profesional, al PhD. César Cardona, quien sembró en mi la idea que como ingenieros no estamos llamados, únicamente, a dar soluciones efímeras a problemas reales, por el contrario, somos los encargados de dar soluciones duraderas que tengan en cuenta el buen uso de recursos y espacios naturales, a la ING. Dalgy Rojas por darme las bases de conocimiento y el enfoque adecuado en la construcción sostenible que despertaron las ganas de investigar y aportar a este tema tan importante, a PhD. Michell Murillo, quien desde el primer momento estuvo dispuesta a hacer parte de esta investigación y se ha emocionado al igual que nosotros en cada logro alcanzado, quien ha puesto a nuestra disposición múltiples escenarios y ha tenido a bien brindar de su conocimiento para la realización de este trabajo.

Javier Enrique Mercado Vega

En primer lugar, quiero agradecer al ingeniero Anthony Yaffik Chain Castellanos, quien nos aportó planos e información para llevar a cabo el estudio de una manera eficiente, a PhD. Michell Johana Murillo Acosta, quien con sus conocimientos y apoyo fue una guía a través de cada una de las etapas de este proyecto lo que permitió el alcance de los resultados deseados además de que fue un apoyo emocional a lo largo de mi desempeño en este proyecto, a PhD. César Cardona Almeida, quien con su orientación y conocimiento nos

condujo a la generación de soluciones óptimas para el desarrollo de los objetivos planteados desde un inicio. También quiero agradecer a la Universidad de la Costa por ser la fuente de conocimientos y herramientas necesarios para llevar a cabo esta investigación, a su vez de los docentes que gracias a su desempeño y esfuerzo siempre fueron una guía en mi desarrollo como profesional y como investigador. Asimismo, a mi compañero en este trabajo Javier Enrique Mercado Vega, por su apoyo a lo largo de esta investigación y su confianza incondicional en mí aun cuando estuve en los peores momentos para el desarrollo de esta. Por último, quiero agradecer a todos mis amigos y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero agradecer a mi pareja, quien siempre estuvo ahí para darme palabras de apoyo y ayudarme a renovar energías.

Valentina Isabel Barrios Andrade

### Resumen

La construcción de unidades habitacionales, aunque es una herramienta indispensable para que una sociedad pueda desarrollarse, genera una gran cantidad de desperdicios y uso inadecuado de los recursos naturales. Esta problemática genera necesidad de estudio, por un lado, en el área constructiva, para garantizar un buen uso de recursos y por otro lado en cómo el Gobierno Colombiano busca el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, propuestos por las Naciones Unidas en su agenda 2030, hablando precisamente del objetivo 11, denominado “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, que pretende asegurar el bienestar e integridad de cada ser en espacios habitables a partir de metodologías que mejoren continuamente la relación entre la comunidad y el medio natural; para abarcar la problemática se plantea la ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar sostenibles garantizando el bienestar e integridad del medio al igual que de los habitantes. En países desarrollados existen políticas y sistemas sostenibles estandarizados que contribuyen al cumplimiento de este objetivo, como lo son las certificaciones LEED, EDGE y BREEAM, sistemas que en Colombia se están empezando a implementar en edificaciones de gran magnitud, pero no en la construcción de viviendas unifamiliares. Lo que se busca con esta investigación es proponer ideas de mejora en diseños de una de viviendas de interés prioritario en la ciudad de Barranquilla, a partir de los criterios de certificación EDGE, contribuyendo así al desarrollo sostenible de ciudades y comunidades.

**Palabras clave:** Vivienda de interés prioritario, Desarrollo Sostenible, EDGE.

### **Abstract**

The construction of housing units, although it is an indispensable tool for a society to develop, generates a large amount of waste and inappropriate use of natural resources. This problem generates a need for study, on the one hand, in the construction area, to guarantee good use of resources and on the other hand, in how the Colombian Government seeks to comply with the Sustainable Development Goals, proposed by the United Nations in its agenda. 2030, speaking precisely of objective 11, called "Sustainable Cities and Communities", which aims to ensure the well-being and integrity of each being in habitable spaces based on methodologies that continuously improve the relationship between the community and the natural environment; To cover the problem, the execution of sustainable single-family housing projects is proposed, guaranteeing the well-being and integrity of the environment as well as the inhabitants. In developed countries, there are standardized sustainable policies and systems that contribute to the fulfillment of this objective, such as LEED, EDGE, and BREEAM certifications, systems that in Colombia are beginning to be implemented in buildings of great magnitude, but not in housing construction. single-family. What is sought with this research is to propose improvement ideas for a design implemented in the construction of priority interest dwellings in the city of Barranquilla, based on the EDGE certification criteria, thus contributing to the sustainable development of cities and communities.

**Keywords:** Housing of priority interest, Sustainable Development, EDGE.



**Contenido**

Introducción.....	15
Planteamiento del Problema.....	17
Justificación.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos específicos.....	20
Marco referencial.....	21
Marco teórico.....	21
Crecimiento poblacional y Desarrollo Sostenible.....	21
Crecimiento poblacional sostenible.....	22
Construcción sostenible.....	25
Ciudades sostenibles.....	27
Certificaciones de Sostenibilidad.....	28
Viviendas de Interés.....	33
Marco Legal.....	40
Leyes nacionales que consideran las viviendas de interés.....	40
Estado del arte.....	42
Biblioteca de Bishan Singapur.....	43
Edificio Pixel Australia.....	44

Museo del Mañana Brasil.....	45
Edificio Novartis Bogotá.....	45
Edificio Bancolombia Medellín.....	47
Vivienda sostenible del país certificada en CASA Colombia.....	48
Viverdi 84.....	49
Biel Barranquilla.....	50
Diseño metodológico.....	53
Fase 1: Revisión Bibliográfica.....	53
Fase 2: Selección de la vivienda y recopilación de información necesaria.....	53
Fase 3: Identificación de las características actuales de la vivienda.....	53
Fase 4: Propuesta de mejoras a realizar.....	54
Fase 5: Análisis de resultados.....	54
Desarrollo del Proyecto.....	54
Ubicación de vivienda en estudio.....	55
Características de la vivienda en estudio.....	56
Materiales influyentes en uso de recursos.....	59
Cubierta en teja tipo colonial.....	59
Pintura paredes exteriores color Flor de Algodón.....	62
Ventanas con marco en aluminio natural.....	64

Proposición y análisis de mejoras en la vivienda .....	67
Medidas de mejora pasivas en energía .....	68
Medidas de mejora activas en energía.....	73
Medidas de mejora reducción de gasto en agua .....	76
Análisis de mejoras propuestas.....	80
Medidas de eficiencia de energía.....	80
Medias de eficiencia de agua.....	83
Conclusiones.....	92
Recomendaciones .....	94
Referencias.....	96

## Lista de Figuras

### Figuras

Figura 1	Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	24
Figura 2	Biblioteca de Bishan Singapur Fuente: ArchDaily Colombia .....	44
Figura 3	Edificio Pixel Australia .....	44
Figura 4	Museo del Mañana, Brasil Fuente: Página web del “Museo del Mañana” .....	45
Figura 5	Edificio Novartis, Bogotá Fuente: Novartis.....	47
Figura 6	Edificio Bancolombia Medellín Fuente: Página Web En Concreto .....	48
Figura 7	Casa Colombia Fuente: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.....	49
Figura 8	Viverdi 84 Barranquilla Fuente: Argos.....	50
Figura 9	Ahorro de recursos en edificio Biel Barranquilla según certificación EDGE .....	51
Figura 10	Edificio Biel Barranquilla Fuente: EDGE Buildings .....	52
Figura 11	Ubicación geográfica urbanización Koralia.....	55
Figura 12	Vista en planta primer piso casa modelo .....	57
Figura 13	Vista en planta segundo piso casa modelo .....	58
Figura 14	Corte lateral en casa modelo .....	58
Figura 15	Muestreo de tipos de cubiertas según su clasificación.....	60
Figura 16	Paleta de Colores.....	62
Figura 17	RGB de color Flor de Algodón de Pintuco .....	63
Figura 18	LVR de una pintura.de código HEX #E9D0B4 .....	64
Figura 19	Fachada principal con detalles de ventanería.....	65
Figura 20	Fachada posterior con detalles de ventanería.....	66

Figura 21 comparacion de un techo convencional y un techo frio o reflectivo.....	70
Figura 22 Lampara compacta fluorescente (CFL).....	74
Figura 23 Fotocontrol Temporizado.....	75
Figura 24 Plano Técnico ducha de bajo flujo con accesorios.....	76
Figura 25 Plano Técnico lavaplatos 8 pulgadas .....	77
Figura 26 Plano Técnico Lavamanos Sencillo .....	78
Figura 27 Planos Técnicos sanitario de doble descarga .....	79
Figura 28 Comparacion de gasto de energia en linea base vs linea mejorada.....	81
Figura 29 Comparación de gasto de agua en linea base vs linea mejorada.....	83
Figura 30 Promedio de precipitación mensual en la ciudad de Barranquilla .....	85
Figura 31 Volumen mensual captado por la cubierta.....	86
Figura 32 Cubierta de vivienda modelo Fuente: Planos Arquitectónicos, casa modelo urbanización Koralia.....	87
Figura 33 Cumplimiento de los componentes sostenibles propuestos por el software EDGE Fuente: EDGE Buldings.....	89
Figura 34 Presentación de mejoras propuestas para ahorro de energía pasivo Fuente: Planos: Diseño arquitectónico, Mejoras: Elaboración propia. ....	89
Figura 35 Presentación de mejoras propuestas para ahorro de agua Fuente: Planos: Diseño arquitectónico, Mejoras: Elaboración propia. ....	90

**Lista de tablas****Tablas**

<b>Tabla 1:</b> Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	24
<b>Tabla 2:</b> Elementos Clave de la Construcción Sostenible .....	26
<b>Tabla 3:</b> Reconocimiento del derecho a vivienda digna en el mundo .....	36
<b>Tabla 4:</b> Leyes y estatutos nacionales con mención de las viviendas sociales.....	42
<b>Tabla 5:</b> Uso de áreas en vivienda modelo.....	57
<b>Tabla 6:</b> Reflectividad Solar (SR) en cubiertas .....	61
<b>Tabla 7:</b> Áreas y relación ventana – pared .....	67
<b>Tabla 8:</b> Código asignado, temperatura superficial (K), albedo, emisividad y SRI de revestimientos verticales.....	72
<b>Tabla 9:</b> Precipitación media mensual acumulada .....	85
<b>Tabla 10:</b> Valor numérico de precipitación mensual en la ciudad de Barranquilla.....	86
<b>Tabla 11:</b> Volumen anual de recolección en cubierta de la vivienda modelo .....	87

### **Introducción**

La construcción, además de ser indispensable para el desarrollo de la sociedad, es también uno de los principales responsables de residuos, contaminación, transformación del entorno y uso inadecuado de recursos naturales. Las unidades habitacionales, tanto edificios como casas, producen una huella ecológica en el planeta Tierra, esta huella ecológica mide la superficie de suelo ecológicamente productivo requerido de forma continua para producir recursos y absorber residuos de una determinada población (Muñiz et al., 2016). La construcción, operación y demolición de obras civiles consumen gran cantidad de recursos y producen muchos residuos contaminantes. La sostenibilidad aplicada en el sector de la construcción a las escalas de barrio y de ciudad, puede aportar de manera importante a la mitigación del cambio climático, la seguridad energética, la conservación de los recursos, la resiliencia a largo plazo, la creación de empleo y la calidad de la vida (U.S. Green Building Council, 2013). A nivel mundial el sector constructivo consume un 29% de energía lo que ocasiona un 21% de emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>) que van a la atmósfera (Martin, 2020), según la Revista Vector, 2018, el sector consume un 16% de agua potable, y existen diversos estudios que sostienen que este sector comprende porcentajes mayores al 30% en el uso de materias primas y generación de desperdicios.

En Colombia se han presentado propuestas lideradas por el Gobierno nacional para el desarrollo y entrega de viviendas de interés social, las cuales destaquen el urbanismo y construcción sostenible para así entregar soluciones de “infraestructuras verdes”. Este programa de vivienda ha sido la solución para miles de familias con escasos recursos económicos, pero estas viviendas han sido construidas a partir de metodologías y sistemas convencionales los cuales no incluyen ningún aspecto de sostenibilidad (Susunaga Monroy,

2014). En la actualidad la variedad de sistemas sostenibles que pueden ser implementados en la construcción de este tipo de viviendas es extensa, pero no se cuenta con un conocimiento profundo o políticas definidas por parte de las entidades encargadas, que generen una orientación y motivación dentro de la industria.

La presente investigación plantea el estudio de un proyecto en la ciudad de Barranquilla, sector Caribe Verde, un prototipo de Vivienda de Interés Prioritario (VIP), en el cual se busca proponer mejoras en el marco de la sostenibilidad para esta vivienda, evaluando el ahorro en consumo energético y de agua y la eficiencia de los cambios para cumplir con los estándares propuestos por la certificación EDGE, abordando la problemática investigada desde una perspectiva antes y después de la aplicación de los cambios propuestos.



### **Planteamiento del Problema**

Solo hasta finales del siglo XX se logró acuñar uno de los términos a los que más mención se le ha dado en los últimos años: “Desarrollo sostenible”, término que engloba una solución al avance económico y social de muchos países, teniendo en cuenta la necesidad de relación entre un desarrollo inminente y el cuidado de los materiales y recursos que provienen del medio natural (Díaz-Duque & Gutiérrez, 2013). Dicho termino fue presentado por la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente, adscrita a las Naciones Unidas, en su informe titulado “Our Common Future”, donde lo define como una manera de asegurar la satisfacción de las necesidades del presente sin necesidad de que se comprometa la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias (Harlem, 1987a), informe que marcó el inicio de una concientización de mejoras en aspectos fundamentales de vida para la protección de los recursos.

A finales del año 2015 más de 193 países, dentro de los cuales se encontraba Colombia, firmaron la denominada agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, donde se encuentran plasmados 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Algunos de estos objetivos hacen hincapié en la protección de recursos como: el agua, por medio de sistemas que reduzcan el excesivo consumo de esta; y energía, con la utilización de iluminación y electrodomésticos eficientes. De igual manera se plantearon objetivos que tienen como eje principal el inicio, recuperación o revisión de metodologías que lleven a una mejora continua de la relación entre la comunidad y el medio natural, asegurando el bienestar e integridad de cada ser en espacios habitables, tal es el caso del objetivo 11, denominado “Ciudades y Comunidades Sostenibles”. Según el Departamento Nacional de Planeación en nuestro país, apuntando a este objetivo se espera reducir el déficit

cuantitativo de vivienda a nivel nacional del 6,7% al 2,7% al cierre de la agenda en 2030, con una reducción estimada para toda la región caribe de 4.6% al estado actual. Dentro del objetivo, además, se plantea que esta reducción del déficit de vivienda se debe realizar apoyando un aumento de la urbanización inclusiva y sostenible y una mayor capacidad de gestión participativa de asentamientos humanos, un aumento considerable de la cantidad de ciudades y asentamientos que adopten metodologías y planes integrados para promover el uso eficiente de recursos y disminución del cambio climático.

Según el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario, el área metropolitana de Barranquilla se ubica en el quinto puesto del índice de competitividad de ciudades (ICC) con una puntuación de 5,8 de 10, este índice tiene en cuenta pilares como: equipamientos, salud infraestructura, sostenibilidad ambiental, entre otros (Betín, 2019). A pesar de posicionarse en los primeros lugares según el índice mencionado, el bajo puntaje obtenido demuestra que existe una necesidad de mejora en los aspectos evaluados.

Siendo uno de los pilares evaluados la sostenibilidad ambiental y representando una parte fundamental de la presente investigación, se da la oportunidad de aportar en ideas que apunten a la ejecución del objetivo de desarrollo sostenible: “Ciudades y Comunidades Sostenibles” (ODS 11), basándose en la ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar, sostenibles y con aplicación de energías no convencionales para garantizar el bienestar e integridad del medio al igual que de los habitantes. Por lo anterior resulta beneficioso el análisis de escenarios donde se plasmen ideas de diseño que contribuyan al desarrollo sostenible de ciudades y comunidades.

### **Justificación**

El uso de sistemas de construcción sostenibles puede generar un impacto positivo tanto en el medio como en las personas que lo habiten, de igual manera, construir espacios habitacionales sostenibles con oportunidad de adquisición para todos los estratos socioeconómicos representa un gran reto para la construcción en nuestro país. La ciudad de Barranquilla actualmente no cuenta con altos indicadores en el área de la sostenibilidad, lo que en un largo plazo podría afectar tanto a la escasez de recursos naturales como al posicionamiento de la ciudad como potencia.

En Colombia se han presentado propuestas lideradas por el Gobierno nacional para el desarrollo y entrega de viviendas de interés prioritario, las cuales, si bien han sido la solución de vivienda para miles de familias, no incluyen ningún aspecto de sostenibilidad, dando simplemente como resultado la construcción de espacios accesibles, con criterios que no favorecen su relación con el medio ambiente ni su autosostenibilidad a lo largo del tiempo.

Así, es útil la revisión de las condiciones actuales en una vivienda de interés prioritario en la ciudad de Barranquilla con el fin de corroborar hasta qué punto se tienen en cuenta estos aspectos de sostenibilidad, al igual que el aporte de ideas que contribuyan a la implementación de medidas directamente relacionadas con la envolvente de la edificación, con los aparatos y accesorios usados dentro de la vivienda y el gasto de recursos naturales que esto representa. Garantizando que estas alternativas sean viables y los accesorios, de fácil adquisición para los constructores y los usuarios finales.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar la implementación de mejoras con base en los criterios propuestos por la certificación EDGE en una vivienda de interés prioritaria (VIP) modelo ubicada en la ciudad de Barranquilla.

### **Objetivos específicos**

- Establecer el estado del arte que englobe la temática relacionada con desarrollo sostenible y eficiencia energética.
- Analizar las condiciones actuales de la vivienda a partir de planos y especificaciones dadas por los diseñadores del proyecto.
- Proponer mejoras en el sistema energético e hidrosanitario para la vivienda seleccionada teniendo como base los criterios de sostenibilidad propuestos en la certificación EDGE.
- Interpretar la información final obtenida por medio del software EDGE a razón de la ejecución de propuestas de mejora previamente establecidas para la vivienda modelo en estudio.

## **Marco referencial**

### **Marco teórico**

#### **Crecimiento poblacional y Desarrollo Sostenible**

La población humana del planeta a lo largo del tiempo no ha sido constante, esta ha cambiado a través de la historia y su crecimiento varia del espacio geográfico donde se desarrolle. Desde el año 1950 la población humana se ha duplicado lo que genera una preocupación mundial debido a como se controlará en un futuro este crecimiento, es evidente el crecimiento exponencial de la población, aunque en los últimos decenios se disminuyó el promedio de hijos por familia, esto siendo un factor alarmante para el control del crecimiento y el aprovechamiento de recursos (Manrique et al., 2007).

Según las proyecciones demográficas de la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, la proporción de la población que vive en el Tercer Mundo aumentará, de los 6.521 millones en el 2020 a 8.455 millones en el año 2050, fenómeno poco prometedor en comparación con la perspectiva de que continuará aumentando el desequilibrio entre el mundo desarrollado y el mundo en vías de desarrollo (United Nations, 2020).

“En América Latina, los efectos del crecimiento poblacional se dejan sentir en la mayor demanda de servicios sanitarios y educativos, en el desfase entre oferta y demanda del mercado laboral, en los efectos migratorios del campo a la ciudad, en el desplazamiento forzado, la emigración hacia países desarrollados, en la construcción de espacios de vivienda cada vez más pequeños y hacinados, en la aparición de barrios marginales carentes de servicios básicos de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, transporte y recreación,

en la destrucción paulatina del medio ambiente, la contaminación y polución y en otros ámbitos de lo social, lo económico, lo político y lo cultural.” (Manrique et al., 2007)

En el desarrollo social un determinante principal es el crecimiento poblacional, un crecimiento desmedido genera el aumento de la pobreza a la vez que disminuye el terreno explotable lo que ocasiona que exista un mayor consumo de recursos naturales no renovables, deterioro ambiental y destrucción de la biodiversidad, lo que se traduce en la explotación de recursos de forma no sostenible, un deterioro en el ambiente y suelo y el uso de agroquímicos para estos ser trabajados.

### **Crecimiento poblacional sostenible**

Para conseguir un crecimiento poblacional que no genere afectaciones a los recursos naturales se debe considerar el cuidado de estos y su aprovechamiento seguro como principal eje a proteger. El desarrollo sostenible es un concepto que permite abordar estos problemas derivados del crecimiento poblacional y la industrialización planteando soluciones para reducir las consecuencias medioambientales este siendo nombrado por primera vez en 1987 en la publicación del Informe de Brundtland (ACCIONA, 2017).

El desarrollo sostenible es una apuesta por el progreso social, equilibrio medioambiental y el crecimiento económico, en la actualidad existen grandes retos que enfrenta la sociedad como lo es el cambio climático, escasez de agua, desigualdad y hambruna, los cuales se buscan resolver en un entorno global implementando este principio del desarrollo sostenible.

Este término presentado por la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente, la cual se encuentra adscrita a las Naciones Unidas, en su informe titulado “Our Common future” o también conocido como “Informe de Brundtland”, donde se define como un método para satisfacer de las necesidades de la actualidad sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias (Harlem, 1987b), informe que marcó el inicio de una concientización de mejoras en aspectos fundamentales de vida para la protección de los recursos. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 en 2015 que contiene los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), estos objetivos tienen como finalidad la protección del planeta y garantizar el bienestar de las personas ofreciéndoles las mismas oportunidades y una vida mejor sin comprometer al planeta.

Son 17 objetivos planteados en la Agenda 2030 como se pueden apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, estos están interrelacionados, lo que genera que para el éxito de uno se involucren cuestiones de otro objetivo (Naciones Unidas, 2020). Las metas de estos objetivos se presentan de manera resumida en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



*Figura 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible**Fuente: Naciones Unidas**Tabla 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible*

<b>OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ODS</b>	
•	<b>La erradicación de la pobreza y el hambre garantizando una vida sana</b>
•	<b>Universalizar el acceso a servicios básicos, como agua, el saneamiento y la energía sostenible</b>
•	<b>Apoyar la generación de oportunidades de desarrollo a través de la educación inclusiva y el trabajo digno</b>
•	<b>Fomentar la innovación e infraestructuras resilientes creando comunidades y ciudades capaces de producir y consumir de forma sostenible</b>
•	<b>Reducir las desigualdades en el mundo, especialmente las de género</b>
•	<b>Cuidar el medio ambiente combatiendo el cambio climático y protegiendo los océanos y ecosistemas terrestres</b>
•	<b>Promover la colaboración entre los diferentes agentes sociales para crear un ambiente de paz y desarrollo sostenible</b>

*Fuente: Naciones Unidas*

En el plano social, la sostenibilidad fomenta el desarrollo de las personas, comunidades y cultural con el fin de obtener un nivel adecuado y equitativo a mundial de calidad de vida, educación y sanidad; En el plano ambiental, la sostenibilidad adopta que la naturaleza no es una fuente inagotable de recursos por lo cual vela por su protección y uso racional. Por esta razón le apuesta a aspectos como el cuidado del medio ambiente, inversión en energías renovables, ahorro de agua, movilidad sostenible, innovación en construcción y arquitectura sostenible, que contribuirán a lograr esta sostenibilidad; En el plano económico, la sostenibilidad busca un crecimiento económico que genere riqueza de forma equitativa si afecta los recursos naturales. Realizar una inversión y repartición igualitaria de



estos recursos económicos proporcionara la potenciación de los pilares de la sostenibilidad logrando un desarrollo completo (ACCIONA, 2017).

El objetivo 11, denominado “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, plantea el inicio, recuperación o revisión de metodologías que lleven a una mejora continua de la relación entre la comunidad y el medio natural, asegurando el bienestar e integridad de cada ser en espacios habitables, además de reducir el déficit de vivienda apoyando la implementación de urbanizaciones inclusivas y sostenibles, esto adoptando metodologías y planes integrados para promover el uso eficiente de recursos y disminución del cambio climático (Moran, 2020).

### **Construcción sostenible**

Uno de los principales problemas que el crecimiento poblacional presenta es que debido al aumento de la población es necesario un aumento de la cantidad de viviendas para las nuevas familias, lo que genera un incremento en la urbanización de la ciudad y por ende en el sector de la construcción, por esta razón se planteó en el sector de la construcción una alternativa conocida como construcción sostenible, esta se refiere a la mejora de prácticas durante el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), que aportan a la minimización del impacto de la construcción en el cambio climático por sus emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan elementos claves con los cuales se distingue una construcción sostenible de una convencional. Estos proyectos sostenibles tienen como finalidad la reducción del impacto en el ambiente y un mayor bienestar de sus ocupantes (Susunaga Monroy, 2014).

Tabla 2 Elementos Clave de la Construcción Sostenible

<b>ELEMENTOS CLAVE</b>
Gestión del ciclo de vida, tanto de las edificaciones como de los materiales y componentes utilizados.
Mayor calidad de la relación de la edificación con el entorno y el desarrollo urbano.
Uso eficiente y racional de la energía.
Conservación, ahorro y reutilización del agua.
Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción y en la operación, y prevención de residuos y emisiones.
Selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción y producción limpia.
Mayor eficiencia en las técnicas de construcción.
Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.
Cambio de hábitos de personas y comunidades en el uso de las edificaciones para reducir su impacto en la fase operacional e incrementar su vida útil.

Fuente: Susunaga Monroy, 2014

Este sistema para la construcción de edificaciones sostenibles tiene como principal reto en el país que estos abarquen más allá de edificios, es decir grandes obras de infraestructura, construcción civil y proyectos de Viviendas de Interés Social, para que estos generen beneficios al desarrollo del país y al cuidado del medio ambiente.

Tiene como ventaja la reducción de costos operativos, mejora la calidad del aire, reduce el uso de energía, permite el ahorro del agua, trabaja materiales ambientalmente preferibles y genera una reducción de residuos, estos beneficios en cuestión convierten a la construcción sostenible en el futuro del sector construcción.

“Un proyecto de construcción sostenible puede costar entre 10% y 15% más que una construcción tradicional, pero en la medida en que se desarrollan el mercado de proveedores, materiales y profesionales capacitados se va reduciendo su costo.” (Susunaga Monroy, 2014)

### **Ciudades sostenibles**

Aproximadamente la mitad de la humanidad vive en las ciudades, estos siendo los principales focos de progreso económico y social del mundo. El crecimiento poblacional desmedido y el cambio climático ha llevado al ser humano a reformular estas urbes, llegando a la conclusión de que es indispensable transformarlas en urbes sostenibles, inteligentes e inclusivas (ACCIONA, 2020).

Primeramente, el motivo de mayor preocupación es la desigualdad, en promedio hay 828 millones de personas que viven en barrios marginales actualmente. El consumo de energía y contaminación en las zonas urbanas han aumentado de manera alarmante. Las ciudades ocupan un 3% de la superficie terrestre, pero representan entre 60-80% del consumo de energía y el 75% de la Emisión de carbono (United Nations Development Programme, 2016).

Debido a que el futuro para la mayoría de las personas será en un entorno urbano, la solución a los problemas que presenta la humanidad debe ser encontrados en la vida de la ciudad, por esta razón es necesario lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros y sostenibles.

En la búsqueda de las soluciones innovadoras, se han lanzado distintas plataformas útiles para el diseño de infraestructura, garantizando disminución y mejor uso de los recursos

utilizados para su fabricación. A continuación, se presentan algunos de estos sistemas para el diseño sostenible.

### **Certificaciones de Sostenibilidad**

#### **LEED**

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) en español directiva en energía y diseño ambiental, es el sistema de certificación sostenible más utilizado en el mundo. Fue creado por el U.S. Green Building Council (USGBC). LEED ofrece beneficios económicos como lo es el ganar ventaja competitiva, debido a que según el USGBC el 61% de líderes corporativos creen que la sostenibilidad permite una diferenciación del producto en el mercado; a su vez ofrece beneficios a la salud reduciendo la contaminación y mejorando la calidad ambiental, esto último siendo el beneficio más ventajoso debido a que ayuda al medio ambiente y reduce la emisión de carbono y el uso de energía, además de la conservación del agua y el uso de materiales amigables con el medio ambiente (U.S. Green Building Council, 2020b).

LEED tiene como creencia que las edificaciones sostenibles son la base para ayudar a personas, y las ciudades y comunidades donde residen, de una manera segura, saludable y sostenible. Busca proteger a los seres humanos ofreciéndoles un lugar seguro y saludable para vivir, trabajar, aprender y jugar. Esta mejora de los beneficios para la salud y la productividad desempeña un papel importante en las empresas con el objetivo de invertir en la construcción ecológica (U.S. Green Building Council, 2020a)

#### **Tipos de certificaciones LEED:**

- **BD+C (diseño y construcción de edificaciones):** Para nuevas edificaciones, es decir las edificaciones en proceso de construcción o de renovación importante (más del 50% del proyecto). Incluye nuevas construcciones, núcleo y fachada, también tiene aplicaciones para escuelas, comercio, hoteles, centros de datos, hospitales, bodegas y centros de distribución.
- **ID+C (diseño y construcción de interiores):** Esta se aplica a proyectos conformados por un equipamiento interior completo. Incluye oficinas, comercio y hospitales.
- **O+M (operación y mantenimiento de edificaciones):** Aplica a edificios existentes que llevan a cabo trabajos de mejora o que se desarrollan de poca o ninguna construcción. Incluye edificios existentes (EB), escuelas, comercio, hoteles, centros de datos, bodegas y centros de distribución.
- **ND (desarrollo de barrios):** Esta se destina a los nuevos proyectos o de renovación de usos residenciales, no residenciales o una mezcla de estos. Los proyectos pueden estar en cualquier etapa del proceso de desarrollo, desde la planificación hasta la construcción. Incluye el plan y el proyecto de construcción.
- **Homes (vivienda):** Aplica a las viviendas unifamiliares, a las multifamiliares de baja altura (uno a tres pisos) o de mediana altura (cuatro a seis pisos). Incluye vivienda unifamiliar y multifamiliar de baja y mediana altura.

## **EDGE**

Una innovación de IFC (Corporación Financiera Internacional), miembro del Grupo del Banco Mundial, EDGE (“Excelencia en diseño para mayores eficiencias”) es la

oportunidad para los líderes del mercado de obtener ventaja competitiva al ser un diferenciador en sus productos y agregarle valor a la vida de su cliente. En más de 170 países EDGE aporta velocidad, inteligencia de mercado y un enfoque de inversión para las generaciones venideras de edificaciones ecológicas. Cuenta con una plataforma basada en la nube para calcular el costo de la ecología y ahorros en servicios públicos. La generación actual cuenta con datos climáticos y de costos, patrones de consumo y algoritmos de la ciudad para predecir de la manera más precisa el rendimiento. Cuenta con una red de certificadores y expertos acreditados que la respalda en la incorporación de edificios ecológicos y en combatir el cambio climático (International Financial Corporation, 2020).

Lanzado en julio de 2014, EDGE recibió financiación inicial de SECO (Secretaría de Estado de Asuntos Económicos de Suiza) y actualmente está financiado por el Gobierno del Reino Unido. Los donantes adicionales incluyen Austria, Canadá, Dinamarca, ESMAP, UE, Finlandia, GEF, Hungría y Japón.

Existen tres alternativas para obtener la certificación EDGE:

- Nivel 1: Certificación EDGE, como requisito debe contar con el 20% o más de ahorro de energía, agua y energía incorporada en los materiales, se genera en las etapas de certificación preliminar y definitiva, esta no requiere renovación.
- Nivel 2: Certificación EDGE Advanced, como requisito debe contar con una Certificación EDGE (Nivel 1) previamente y un ahorro del 40% o más en energía en el emplazamiento, se genera en las etapas de certificación preliminar y definitiva, esta no requiere de renovación.

- Nivel 3: Zero Carbon, se debe contar con una Certificación EDGE Advanced (Nivel 2) y en el emplazamiento o fuera de este se debe contar con un 100% de energías renovables, o generar una compensación de las emisiones de carbono que resulten en el 100% de su reducción. Toda la energía debe ser contabilizada. Se realiza con mínimo un año de diferencia a la obtención de la certificación EDGE definitiva, con un 75% de ocupación presentando datos operativos, esta se renueva cada cuatro años, con el 100% de energías renovables y cada dos años con la adquisición de créditos de carbono.

### **BREEAM**

Creado en 1990 por el Building Research establishment (BREE) del Reino Unido, fue el primer sello de certificación desarrollado después del protocolo de Kyoto. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), con más de 591.000 edificios certificados en 90 países desde su primera versión es el método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de edificaciones en teoría más avanzado y líder a nivel mundial («BREEAM Internacional», 2020).

Es la metodología de construcción sostenible de referencia en el mundo, aumenta la rentabilidad para quien contribuye, opera y/o mantiene el edificio, reduce el impacto en el medio ambiente y genera un mayor confort y salud para los usuarios. Abarca todo el ciclo de vida del edificio, es decir desde el planteamiento hasta la rehabilitación o una posible ampliación o acondicionamiento de nuevos edificios, además de la explotación o mantenimiento de edificaciones ya existentes o en uso («BREEAM Internacional», 2020).

Los impactos generados se evalúan en 10 categorías: 1) Gestión, 2) Salud y Bienestar, 3) Energía, 4) Transporte, 5) Agua, 6) Materiales, 7) Residuos, 8) Uso ecológico del suelo, 9) Contaminación, y 10) Innovación, posteriormente se le otorga una puntuación luego de aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. Envuelve todas las fases de diseño, construcción y uso de edificaciones, además dispone de esquemas de evaluación y certificación según la tipología y uso de esta («BREEAM Internacional», 2020).

### **Sistema de certificación Casa Colombia**

El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) es una organización privada sin ánimo de lucro que se fundó en febrero de 2008 y es miembro del “Consejo Mundial de Construcción Sostenible (WorldGBC)” desde el año 2009, su objetivo principal es elevar el nivel de sostenibilidad de todos los usos de edificaciones, tanto nuevas como existentes, y por ende de la ciudad en general, busca transformar la industria de la construcción para formar un entorno responsable con el medio ambiente y el bienestar de los colombianos (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2020).

Los ejes en los cuales se desempeña el CCCS son los siguientes: a) Educación, busca fortalecer el conocimiento acerca de la construcción y el urbanismo sostenible; b) Política pública, con el fin de gestionar y apoyar la formulación de políticas de producción y consumo responsable en el sector de la construcción trabaja con los gobiernos; c) Gestión técnica, trabaja para aumentar la utilización de sistemas de certificación y normalización de mercados verdes en la construcción; y d) Comunicaciones y mercadeo, con el propósito de



fortalecer su institucionalidad e incrementar la participación de sus miembros para así multiplicar la red (Susunaga Monroy, 2014).

El sistema de certificación sostenible Casa Colombia, está adaptado a un contexto colombiano, procura el enfoque de la construcción de viviendas que garanticen la calidad de vida de los habitantes, se ha convertido en un referente nacional en cuanto a leyes que evocan la sostenibilidad en el país, además de brindar beneficios tributarios a quienes adapten o incluyan las características sostenibles mencionadas en el sistema de certificación. Los niveles de sostenibilidad para los proyectos Casa Colombia se asocian a puntajes de 1 a 5 dando esta determinación de bueno a excepcional, respectivamente.

El sistema de certificación sostenible Casa Colombia se basa en siete categorías claves la garantía de la sostenibilidad integral, estos son: Sostenibilidad de entorno, Sostenibilidad en Obra, Eficiencia en Agua, Eficiencia en Energía, Eficiencia en Materiales, Bienestar y Responsabilidad Social.

### **Viviendas de Interés**

El Ministerio de Vivienda nacional ha venido adelantando diversos programas que buscan satisfacer la necesidad básica de vivienda en el territorio nacional, una de estas estrategias es la implementación de las *Viviendas de Interés*, desde su primera mención como alternativa de solución a problemas sociales de primera necesidad en el año de 1991, se busca establecer un subsidio familiar de vivienda, reformar sistemas de créditos para la obtención de estas y dictar algunas disposiciones generales para la correcta implementación de espacios que favorezcan en la adquisición de bienes a personas de escasos y medianos recursos.

La definición oficial brindada por el Ministerio de Vivienda para VIP y VIS es:

**Vivienda de Interés Social (VIS):** Es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM).

**Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP):** Es aquella vivienda de interés social cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM)

Sin embargo, para entender como el concepto de Viviendas de Interés social (VIS) y Viviendas de Interés Prioritario (VIP) busca impactar positivamente en un medio habitacional, debemos entender que es una de las respuestas a la búsqueda de aseguramiento de los derechos universales del hombre. A continuación, se presenta una revisión de algunos tratados internacionales y leyes de nuestro país que buscan clarificar que espacio puede ser considerado una vivienda adecuada y digna, al mismo tiempo que se menciona como esto debe tenerse en cuenta al presentar propuestas de soluciones para vivienda, como por ejemplo en las viviendas de interés prioritario (VIP).

Según lo planteado en la *Declaración Universal de los Derechos del Hombre*, toda persona tiene derechos sociales y económicos, dentro de los cuales uno de los requerimientos presentados para alcanzarlo es garantizar un nivel de vida adecuado asegurando la salud y el bienestar, teniendo como objetivo principal la alimentación, vivienda y asistencia médica. (Naciones Unidas, 1948)

Dando un enfoque en el derecho a la vivienda como objeto de estudio, es preciso mencionar, según lo planteado por la Oficina del alto Comisionado de los Derechos Humanos, adscrita a la Organización Mundial de las Naciones Unidas, que esta debe considerarse como un derecho a vivir en paz y dignidad, para lo cual se plantean condiciones mínimas para poder llegar a ser apreciada como vivienda adecuada:

- **Seguridad de tenencia:** No puede considerarse vivienda adecuada si los ocupantes no tienen garantías y protección contra un desalojo, presión o amenazas en redor a la permanencia dentro de esta.
- **Disponibilidad de servicios esenciales:** Vivienda que cuente con instalaciones e infraestructura para que los ocupantes tengan agua potable y saneamiento básico, como también iluminación óptima para las distintas labores a realizar y oportunidad de almacenaje adecuado de alimentos.
- **Asequibilidad:** No puede considerarse vivienda adecuada si el costo monetario para su adquisición es tan elevado que no brinde la oportunidad de tenencia de otros derechos fundamentales.
- **Habitabilidad:** No es adecuada una vivienda si esta no ofrece seguridad física para quien la habita, además de espacio suficiente según la cantidad de quienes la ocupan y protección contra los diversos fenómenos atmosféricos ocurridos según la localización.
- **Accesibilidad:** No puede considerarse adecuada si la vivienda no cuenta con la capacidad para suplir necesidades y mejorar condiciones específicas de grupos poco favorecidos y/o marginados por algún aspecto esencial.

- **Ubicación:** Tampoco puede considerarse como una vivienda adecuada si esta no ofrece acceso a oportunidades de empleo servicios de salud, escuelas para cada una de las etapas de conocimiento necesario o si está ubicada en zonas de riesgo a la integridad como individuo.
- **Cultura:** Por último, la vivienda no es adecuada si no analiza y toma en cuenta la expresión e identidades culturales de quienes la habitan.

Las medidas necesarias que se requieren para dar garantía de una vivienda adecuada incluyen las acciones necesarias para prevenir falta de techo, luchar contra discriminación y asegurar la seguridad e integridad de los habitantes. (Unidas, 2016)

Muchos son los aspectos y puntos clave a considerar en el ámbito de estudio de una vivienda adecuada o una vivienda digna, de igual manera, son diversos los tratados internacionales que se basan en determinar cuáles deberían ser las características para cumplir, bien sea con la totalidad o parcialidad mínima de estas. En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, se presentan algunos de estos tratados donde se hace mención del compromiso por la búsqueda de mecanismos para satisfacer necesidades de personas poco favorecidas o históricamente marginadas.

*Tabla 3 Reconocimiento del derecho a vivienda digna en el mundo*

## TRATADOS INTERNACIONALES QUE MENCIONAN EL DERECHO A UNA VIVIENDA ADECUADA

• <b>Convención sobre el Estatuto de los Refugiados, de 1951, art. 21.</b>
• <b>Convenio N.º 117, de 1962, de la Organización Internacional del Trabajo sobre política social (normas y objetivos básicos), art. 5 2).</b>
• <b>Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial, de 1965, art. 5</b>
• <b>Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, de 1966, art. 17.</b>
• <b>Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer, de 1979, arts. 14 2) y 15 2).</b>
• <b>Convención sobre los Derechos del Niño, de 1989, arts. 16 1) y 27 3).</b>
• <b>Convenio N.º 169, de 1989, de la Organización Internacional del Trabajo sobre pueblos indígenas y tribales, arts. 14, 16 y 17.</b>
• <b>Convención internacional sobre la protección de los derechos de todos los trabajadores migratorios y de sus familiares, de 1990, art. 43</b>
• <b>La Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad, de 2006, arts. 9 y 28.</b>

*Fuente: Oficina del Alto Comisionado, ONU.*

Distinto a la idea que se tiene del derecho a vivienda, los gobiernos no son obligados a construir unidades habitacionales para todos sus ciudadanos, más bien son los encargados de brindar medidas que garanticen la obtención de esta para quienes carecen, implementar mecanismos de protección para detener desalojos forzosos, prevenir escenarios de discriminación, teniendo como prioridad grupos vulnerables o marginados.

Según (Escallón G., 2012) los tipos de subsidios como instrumentos de financiación tienen en cuenta opciones de ahorro familiar, créditos hipotecarios, entre otros, para pretender cambiar el rumbo de la política de adquisición de propiedad, ofreciendo oportunidades a ciudadanos que requieran estabilidad habitacional. Sin embargo, sugiere que el país no solo debe ofrecer una oportunidad para atender al déficit de vivienda, sino que debe revisar que el enfoque sea brindar calidad, recomienda la garantía de construcción de ciudades

generadoras de opciones diversas e innovaciones tecnológicas que favorezcan el desarrollo progresivo de esta.

Uno de los hitos de discusión entre el gobierno y la nación, el cual afecta directamente en la calidad de vida de los ciudadanos es el salario mínimo legal mensual vigente (smlmv). En el mes de diciembre del año 2019 este fue fijado con un aumento del 6% comparándolo con el año inmediatamente anterior y dejándolo en un valor fijo de \$877.802 como sueldo base para el año 2020 o \$ 240 USD, aproximadamente.

Considerando los datos proporcionados por CAMACOL, una vivienda en el Departamento del Atlántico tiene un valor comercial, por metro cuadrado, que va desde los COP \$900.000 hasta los COP \$5.000.000 para estrato socioeconómico 1 y 6 respectivamente. Si tomásemos el ejemplo de una vivienda de 60 metros cuadrados, el valor de esta en los distintos estratos sería:

- Estrato 2 (Bajo): \$ 54,000,000
- Estrato 3 (Medio-bajo): \$ 102,000,000
- Estrato 4 (Medio): \$ 144,000,000
- Estrato 5 (Medio-alto): \$ 168,000,000
- Estrato 6 (Alto): \$ 216,000,000

Teniendo en cuenta también el último Censo nacional oficial, realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE en el 2018, donde se da a conocer una totalidad poblacional de 48,258,494 habitantes de los cuales el 80% viven en estrato 1, 2 y 3, dando a entender que la mayor cantidad de personas en el país pagaría por

su vivienda un aproximado de cien millones de pesos, lo cual representa 114 veces el salario mínimo mensual vigente. Es por esto por lo que se considera que el bien con mayor dificultad de adquisición en nuestro país es precisamente la vivienda. Es en este escenario de compromiso por brindar una vivienda digna y conociendo las limitaciones monetarias del país donde el gobierno ha decidido implementar diversos planes para la adquisición de unidades habitacionales, garantizando así la vivienda adecuada a personas que cumplan con características especiales antes mencionadas.

A pesar de los esfuerzos realizados, según (Bedoya, 2015), el país presenta un déficit significativo de vivienda, menciona que los bajos ingresos, concentración de construcción de viviendas en entidades privadas y carencia de políticas públicas de sostenibilidad han generado que el acceder a una vivienda adecuada sea difícil para la mayoría de la población nacional, sugiere que la solución a este escenario dado que la vivienda es considerada el bien con mayor valor adquisitivo debe enfocarse en cumplir condiciones tales como:

- Bajo costo
- Alta calidad ambiental
- Climatización en línea de confort
- Eficiencia energética
- Eco-materiales
- Espacios ergonómicos
- Acceso a servicios de la ciudad (políticos, administrativos, educativos, entre otros).

Solo así, menciona, se garantizaría un medio construido sostenible que combinara un desarrollo económico necesario con aspectos ambientales y sociales, acercándose a el ideal

de poblaciones con índices de vulnerabilidad reducidos en cuanto a fenómenos de hacinamiento, haciendo posible el nacimiento de unidades habitacionales que reduzcan los gastos de las familias, dado un ahorro especial en servicios esenciales como energía y agua.

### **Marco Legal**

Es preciso hacer una revisión del panorama gubernamental de viviendas sociales para determinar en qué punto de avance se encuentra el tema, cuáles podrían ser los puntos para mejorar y qué aspectos pueden ser de utilidad al momento de invertir en viviendas sociales sostenibles.

### **Leyes nacionales que consideran las viviendas de interés**

#### **Constitución política colombiana**

Adaptándose a tratados internacionales anteriormente expuestos, la constitución política colombiana en el artículo 51, hace mención directa a al derecho a una vivienda digna, fijando las condiciones necesarias para ser efectivo el derecho, dentro de los cuales se encuentran promociones de programas de vivienda, sistemas de financiación en lapsos de tiempo largos además de mecanismos combinados en la ejecución de estos programas.

#### **Ley 3 de 1991**

Por la cual se crea el Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social, se establece el subsidio familiar de vivienda, se reforma el Instituto de Crédito Territorial, ICT, y se dictan otras disposiciones. Se proponen diversos mecanismos para la construcción de unidades habitacionales que cumplan con las necesidades de energía ya agua para quienes tienen



limitantes de adquisición, es la primera mención que se hace a subsidios de vivienda en el país.

### **Decreto 2190 de 2009**

Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 49 de 1990, 3ª de 1991, 388 de 1997, 546 de 1999, 789 de 2002 y 1151 de 2007 en relación con el Subsidio Familiar de Vivienda de Interés Social en dinero para áreas urbanas. Se asegura que para una eficaz ejecución de las políticas de vivienda es indispensable que el gobierno se enfoque en la gestión, el diseño y apoyo, además resalta la necesidad del compromiso de las autoridades regionales, departamentales y municipales en la mejora de soluciones para las viviendas de interés.

### **Ley 1537 de 2012**

Por la cual se dictan normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda. Dentro de los artículos con mayor relevancia en el ámbito de ayudas a personas vulnerables se encuentra el artículo 12 el cual es mencionado en diversos decretos por ser el artículo más específico en cuanto a las personas que a las que deben ser dirigidos los recursos.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de las leyes nacionales expuestas anteriormente.

*Tabla 4 Leyes y estatutos nacionales con mención de las viviendas sociales*

## PANORAMA REGLAMENTARIO COLOMBIANO QUE HACEN MENCIÓN DE VIVIENDAS SOCIALES

• <b>Constitución política colombiana, art. 56</b>
• <b>Ley 3 de 1991</b>
• <b>Decreto 2190 de 2009</b>
• <b>Ley 1537 de 2012</b>

*Fuente: Autores*

Debido a que el objeto de estudio del presente escrito son las Viviendas de interés Prioritario para Ahorradores (VIPA) es preciso dar una definición para este término, además de mencionar las características básicas de estas.

Hablando con respecto a este mecanismo de ayuda a personas con ingresos limitados, el portal de la Gobernación del Valle del Cauca menciona que este programa busca promover la adquisición de vivienda para familias de todo el país que tengan ingresos de hasta dos salarios mínimos mensuales. Menciona también que las viviendas del programa (VIPA) son viviendas de interés prioritario (VIP), por lo tanto, tienen un costo de hasta 70 salarios mínimos mensuales legales vigentes, bien sea tipo casa o apartamento.

### **Estado del arte**

El avance global en materia de sostenibilidad ambiental puede dar ejemplo y llegar a crear una necesidad de mejora en aspectos de mejor utilización de recursos para países que van encaminados en la mejora de mecanismos ambientales, pero que aún no se encuentran encima de su desarrollo. Se presentan prospectos de edificios renovables alrededor del mundo y en el territorio nacional.

### **Biblioteca de Bishan Singapur**

Según los diseñadores arquitectónicos, para la conceptualización de este edificio se utilizó la idea de una casa del árbol, cuenta con 1400 m<sup>2</sup>, como bien se menciona, su uso es como biblioteca pública, por lo que la iluminación juega un papel importante dentro de las necesidades de este.

El aprovechamiento de la luz solar reduce significativamente su gasto de energía, posee un patio en la zona principal para ayudar en esto. La orientación y distribución de ventanearía y tragaluces son unos de los elementos más representativos al momento de aumentar el uso de luz natural al interior. (ArchDaily Colombia, 2018)



*Figura 2 Biblioteca de Bishan Singapur*

*Fuente: ArchDaily Colombia*

### **Edificio Pixel Australia**

Este edificio es considerado un icono en la construcción sostenible, desde su construcción en el 2010 ha marcado un referente para las construcciones sustentables, está ubicado en el área urbana de Melbourne, recibió una calificación perfecta con un total de 105 puntos en el sistema LEED de EE. UU.

Los puntos más destables de este proyecto se aprecian en la eficiencia energética, uso de energías renovables, sistemas de recolección de aguas lluvias y cubiertas verdes.

Además de las ventajas que genera su diseño arquitectónico, por una parte, cuenta con unos paneles de colores que permiten el paso y buen uso de la luz natural y por otro lado estos mismos paneles cumplen la función de neutralizar el carbono lo cual representa una verdadera contribución al medio en el que se encuentra. (Veliz & Urquieta, 2017)



*Figura 3 Edificio Pixel Australia*

### **Museo del Mañana Brasil**

Al hablar de abanderados en sostenibilidad, Brasil es uno de los países que va adelante en diversos aspectos de buen uso. Precisamente es donde se encuentra el edificio del *Museo del Mañana*, el cual cuenta con un sistema de captación de agua de la bahía donde se encuentra ubicado, de esta manera abastece los espejos acuáticos y el sistema de refrigeración y una vez es usada para refrigerar el lugar el agua es entregada al mar totalmente limpia.

Por otra parte, en los espacios donde fue necesario el concreto, se utilizó la tecnología Sílice Activa, la cual reduce la porosidad y trae mejoras en la capacidad del concreto para soportar agentes destructivos como el agua, dióxido de carbono, cloruros, entre otros.

El uso de esta tecnología permite posicionar el Museo del Mañana como uno de los edificios con mayor puntuación LEED gracias a la reducción del consumo de energía y CO<sub>2</sub>, ahorro de recursos naturales y aumento de vida útil del concreto.



*Figura 4 Museo del Mañana, Brasil*

*Fuente: Página web del "Museo del Mañana"*

### **Edificio Novartis Bogotá**

La sede de Novartis Colombia ubicada en Bogotá fue la primera edificación de Colombia en recibir la certificación LEED categoría plata en la clasificación Nueva Construcción en el año 2010, se le reconoce el cumplimiento de los más altos estándares de construcción en liderazgo de eficiencia y diseño sostenible. Cuenta 9.700 m<sup>2</sup>, 2 sótanos y una cubierta verde, tiene espacios internos modernos y abiertos que generan mayor eficiencia, productividad, trabajo en equipo y oportunidades para el esparcimiento e integración, esto para ofrecerle a sus empleados y clientes un mejor servicio (Tiempo, 2010).

Cuenta con sitios sostenibles, es decir espacios diseñados y demarcados donde se realiza el depósito de material reciclados, además la empresa cuenta con políticas que buscan incentivar el uso compartido de carros y el uso de bicicletas, a su vez está prohibido fumar en la edificación como sus alrededores. El ahorro en el consumo de agua se calcula de 45% debido a que cuenta con la instalación de un tanque de 15.500 galones para el tratamiento y reutilización de agua lluvias. Cuenta con un 37% de ahorro de energía debido a que el edificio cuenta con un sistema de aireación natural, y un diseño óptimo de las oficinas para que estas puedan aprovechar al máximo la luz natural evitando el consumo de luz artificial. La cubierta verde certificada de 450 m<sup>2</sup> con vegetación endémica que busca contribuir en la disminución del calentamiento global, reutilización de aguas lluvias y eficiencia energética de la edificación (NOVARTIS, 2017).



*Figura 5 Edificio Novartis, Bogotá*

*Fuente: Novartis*

### **Edificio Bancolombia Medellín**

Según el Boletín de casos de estudios del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2010), el edificio de un costo aproximado a \$360.000 millones, dispone de 12 pisos y un área construida de 125.000 m<sup>2</sup>, con una capacidad de hasta 4.200 personas. Esta área construida se reparte en oficinas, estacionamientos, locales comerciales y puntos fijos y zonas comunes. Cuenta con 3,5 hectáreas de predio de las cuales 2,2 se destinaron a vías y parques.

Con el fin de aportar a la conservación de la integridad ecológica de la zona se plantaron alrededor de 1000 especies de plantas distintas, por otra parte, tuvo un fuerte impacto en la reducción de energía debido al aire acondicionado, ya que la instalación fue en pisos y no en techos como es convencional, para así garantizar una reducción de hasta el 30%, aparte de una captación de aguas lluvias en el techo que reduce en un 40% el uso del preciado líquido en las instalaciones. (EN CONCRETO, 2009)



*Figura 6 Edificio Bancolombia Medellín*

*Fuente: Página Web En Concreto*

### **Vivienda sostenible del país certificada en CASA Colombia**

La “CASA Tenjo” alcanzó certificación CASA Colombia con un nivel de sostenibilidad *Muy Bueno*, lo cual genera un impulso en la línea de construcción de viviendas sostenibles a nivel nacional.

Esta certificación es importante ya que quien la entrega es el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, el cual promueve e inspecciona la innovación y utilización de tecnologías sostenibles en el país. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2018)





*Figura 7 Casa Colombia*

*Fuente: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible*

### **Viverdi 84**

Se destaca dentro de los proyectos icónicos en la ciudad de Barranquilla, es admirado ya que es uno de los edificios en conseguir la certificación LEED® oro a nivel nacional, con categoría en nuevas construcciones. (CCCS, Viverdi 84 Primer edificio multifamiliar residencial certificado en Colombia, 2016)

Como características a destacar según la certificación LEED, el edificio Viverdi 84 obtuvo la totalidad de los puntos posibles en la calificación de eficiencia de agua, teniendo como principal medida la utilización de agua de precipitación y ayudando a la reducción de inundaciones, además logra un nivel elevado de ahorro en energía gracias al diseño de la envolvente, alcanzando ahorro por hasta el 40%, este ahorro y mejor uso de energía fue en parte gracias al mejoramiento alcanzado por la eficiencia energética de los sistemas de iluminación LED, análisis de posición del edificio y aprovechamiento de luz exterior. (Malaver Jaramillo & Ortiz Esguerra, 2018)



*Figura 8 Viverdi 84 Barranquilla*

*Fuente: Argos*

### **Biel Barranquilla**

El proyecto es un edificio de 95 unidades de apartamentos, los cuales utilizan tecnologías eficientes en cuanto a recursos del medio se habla, lo cual permite ahorrar en servicios públicos. Dispositivos como protección solar externa e iluminaria LED garantiza una disminución en el consumo de energía, además de los sistemas de descarga doble en inodoros los cual garantiza ahorro de agua al igual que lo hace los grifos ahorradores instalados.

Este proyecto fue adelantado por *Solider Constructora* y al referirse a los aportes que podía tener en el medio, menciono que su construcción se dio en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Este edificio recibió certificación definitiva EDGE por parte de CAMACOL, entidad gubernamental encargada de entregar dichos reconocimientos.

A continuación, se presentan porcentajes de ahorro y la manera en que fueron alcanzados, datos proporcionados por el portal de certificación EDGE.



*Figura 9 Ahorro de recursos en edificio Biel Barranquilla según certificación EDGE*

*Fuente: EDGE Buildings*

En cuanto a la reducción de energía se tuvo en cuenta una menor relación ventana-pared, dispositivos de protección solar externos e iluminación que ahorra energía en los espacios interiores y exteriores, para el caso de la reducción de agua se implementaron aparatos sanitarios de descarga doble, cabezales de ducha de bajo flujo, y grifos de bajo flujo en los fregaderos de cocina y los lavabos, por último, se presentaron materiales como el Canalón de concreto en obra para el piso y el techo, ladrillos huecos con yeso interno para las paredes externas y bloques de arcilla en forma de panal con yeso en ambas caras para las paredes internas (EDGE buildings, 2019).



*Figura 10 Edificio Biel Barranquilla*

*Fuente: EDGE Buildings*

### **Diseño metodológico**

La metodología que se utilizará para el desarrollo de la investigación se basa en cinco (5) puntos claves mencionados a continuación:

#### **Fase 1: Revisión Bibliográfica**

La primera fase consistirá en una revisión bibliográfica del tema en cuestión, tales como leyes nacionales e internacionales de viviendas adecuadas, panorama gubernamental frente a la construcción de viviendas sostenibles en el país, revisión de antecedentes en el sector constructor con enfoque en el desarrollo sostenible, entre otros. En adición, se pretende hacer revisión de guías y manuales para la construcción sostenible en el país y el funcionamiento del software de certificación sostenible EDGE, el cual servirá como apoyo en la presentación y análisis posterior de las medidas a implementar en la vivienda.

#### **Fase 2: Selección de la vivienda y recopilación de información necesaria**

La segunda fase del presente proyecto de investigación tendrá como finalidad la selección de una vivienda de interés prioritario en alguna zona de expansión de la ciudad de Barranquilla, la cual debe contar con la información necesaria para un correcto análisis de sus características arquitectónicas y constructivas, estos podrían encontrarse en planos, fotografías, renders, cartillas de detalles, entre otros.

#### **Fase 3: Identificación de las características actuales de la vivienda**

Una vez elegida la vivienda a estudiar se procederá a evaluar las características de la vivienda que sean útiles para la investigación, con el fin de conocer cuáles son las especificaciones arquitectónicas, envolvente y detalles presentados por parte del diseñador para las disposiciones finales.

#### **Fase 4: Propuesta de mejoras a realizar**

La siguiente fase en el desarrollo de la investigación será el planteamiento de mejoras en los aspectos de consumo de agua y energía eléctrica por medio del sistema de certificación de edificios sostenibles EDGE, el cual pretende satisfacer las necesidades de viviendas con uso eficiente de los recursos teniendo en cuenta el crecimiento y urbanización de ciudades principales, sirviendo como un buen ejemplo la ciudad de Barranquilla. Cabe resaltar que el propósito de este punto en la investigación no es la certificación de la vivienda en algunos de los niveles que otorga el sistema, sino exclusivamente la presentación de alternativas de cambio como objeto esencial de la investigación.

#### **Fase 5: Análisis de resultados**

Para tener una visión final de la problemática en estudio se evaluarán las mejoras realizadas en la vivienda de interés prioritario teniendo como base análisis cuantitativos y cualitativos de las características identificadas, dando un aporte las estrategias del Gobierno nacional para la entrega de viviendas a colombianos y procurando que además de ser una solución a esta problemática cuenten con un aspecto de sostenibilidad ambiental.

#### **Desarrollo del Proyecto**

Una vez desarrollado del marco conceptual, el cual se realizó sin mayores inconvenientes debido a la suficiente información disponible, sin embargo, cabe resaltar que a pesar de encontrar algunos proyectos a nivel nacional que consideran la implementación de sistemas sostenibles en la construcción de viviendas de interés prioritario, no se encontró mucha información de análisis de implementación de sistemas eficientes, se dio paso al desarrollo

del proyecto, partiendo del análisis de ubicación de la vivienda seleccionada hasta la identificación de características útiles en la investigación de esta.

### Ubicación de vivienda en estudio

Geográficamente el área de estudio se encuentra situada en la ciudad de Barranquilla, Departamento del Atlántico. Se encuentra en el paralelo  $10^{\circ}57'22.0''$  de latitud norte y el meridiano  $74^{\circ}51'26.8''$  de longitud oeste de Greenwich.

Según la temperatura y la humedad, Barranquilla se caracteriza como ciudad de clima *Cálido húmedo*, donde el calor no es tan elevado, pero la percepción se agrava debido a la alta humedad. Generalmente existe poca variación entre la temperatura diurna y nocturna.

El nombre otorgado por la constructora para la urbanización es “Koralia”, un proyecto de viviendas ubicada en una de las mayores zonas de expansión de Barranquilla como se puede apreciar en la Figura 11, con cercanías a sectores comerciales y educativos de importancia para la ciudad.

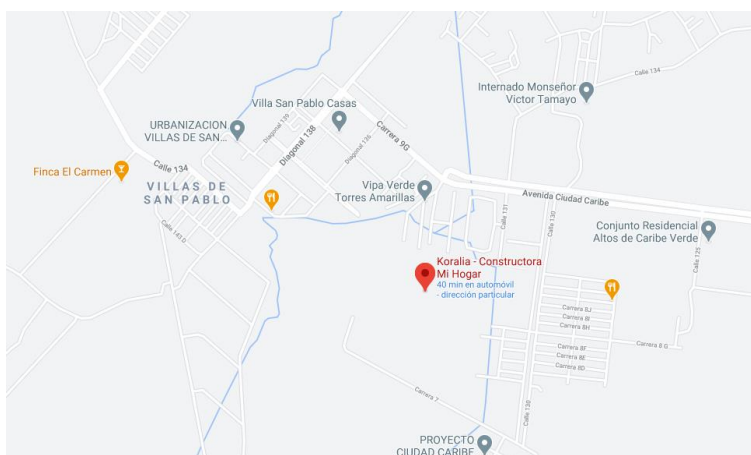


Figura 11 Ubicación geográfica urbanización Koralia









Fuente: Google Maps

### Características de la vivienda en estudio

Dentro de las características principales de la vivienda seleccionada como objeto de estudio se identificó un área interna bruta de 60 m<sup>2</sup>. Como se puede apreciar en la *Figura 12* y en la *Figura 13*, cuenta con dos pisos, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de los espacios dentro de la vivienda además del área que cada uno ocupa. En el primer piso se encuentra un dormitorio, sala y comedor, cocina, espacio para escaleras y baño para visitantes, en el segundo piso se encuentran dos dormitorios adicionales, uno de ellos con baño privado, espacio para escaleras, un baño adicional y un balcón con vista a la parte frontal exterior de la vivienda, ver *Figura 14*.



Tabla 5 Uso de áreas en vivienda modelo

Especificación de espacio	Área	Ilustración
Área Interna Bruta	60 m <sup>2</sup>	
Dormitorios	24.38 m <sup>2</sup>	
Cocina	3.71 m <sup>2</sup>	
Sala y Comedor	12.985 m <sup>2</sup>	
Baños	7.35 m <sup>2</sup>	
Área común	6.8 m <sup>2</sup>	
Balcón y puntos fijos	4.775 m <sup>2</sup>	
Cubierta	33.6 m <sup>2</sup>	

Fuente: Planos Arquitectónicos casa modelo urbanización Koralia

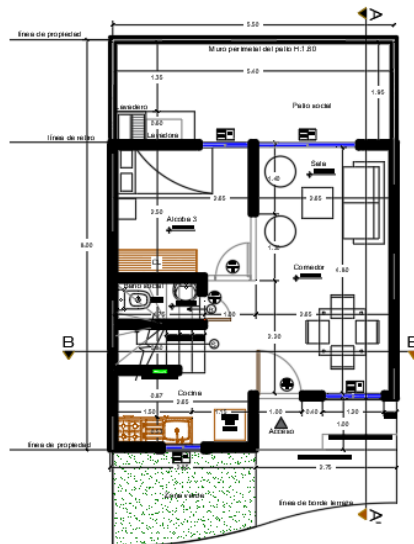


Figura 12 Vista en planta primer piso casa modelo

Fuente: Planos Arquitectónicos casa modelo urbanización Koralia

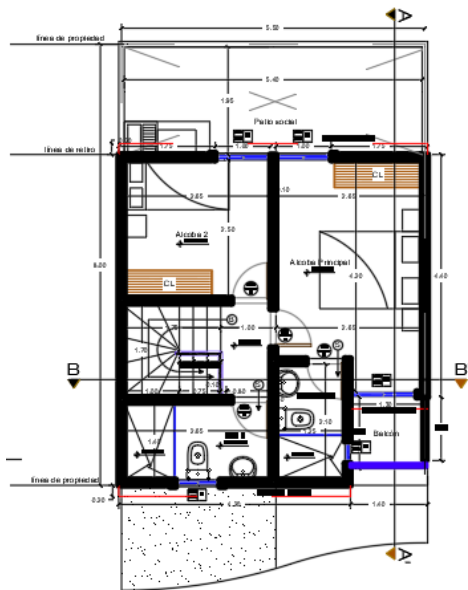


Figura 13 Vista en planta segundo piso casa modelo

Fuente: Planos Arquitectónicos casa modelo urbanización Koralia

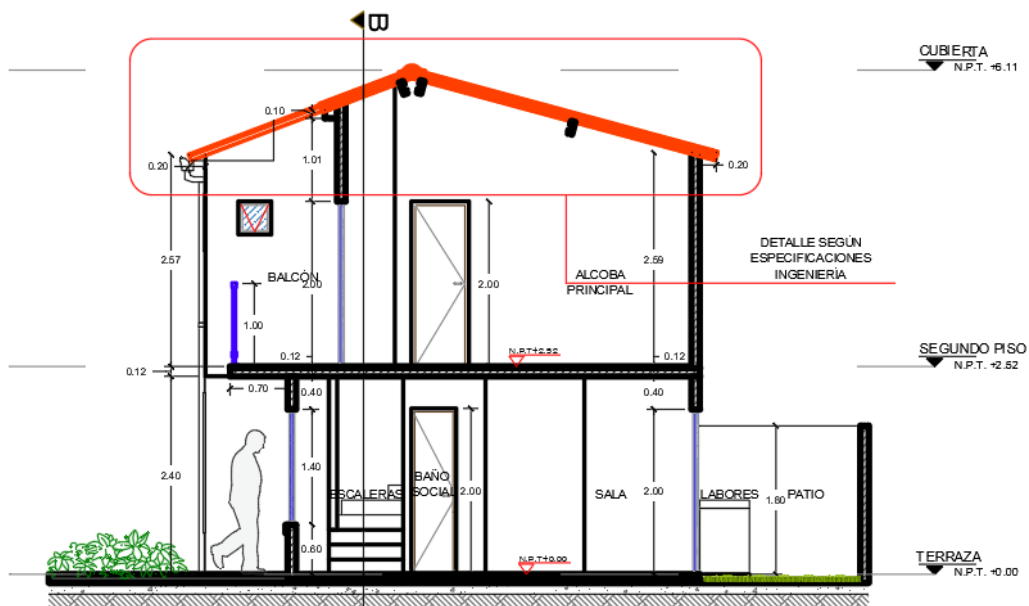


Figura 14 Corte lateral en casa modelo

Fuente: Planos Arquitectónicos casa modelo urbanización Koralia

Una vez conocida la distribución de área de la vivienda modelo, es oportuno identificar los materiales usados en las zonas claves en las que se basa este estudio, mencionadas en el capítulo 0, *Proposición y análisis de mejoras en la vivienda*).

### **Materiales influyentes en uso de recursos.**

Según lo apreciado en la Figura 19 e Figura 20, se presentan materiales que resultan ser influyentes en el funcionamiento interno de la vivienda, ya que ocupan gran parte de la superficie visible. A continuación, se evalúan algunos aspectos importantes de algunos de estos materiales:

#### **Cubierta en teja tipo colonial**

Es de gran importancia para la investigación determinar la reflectancia solar (SR) en la cubierta. La reflectancia solar es un parámetro que indica la capacidad de cierto material para reflejar o absorber el calor solar, esto influye directamente en la cantidad de calor que debe disminuir el sistema de aire acondicionado dentro de la vivienda.

Según especificaciones del fabricante la cubierta en teja barroca se compone de entre un 70% - 90% de cemento, 10% - 25% de carbonato de calcio, fibras sintéticas 1% - 4% y celulosa 2% - 5%, lo cual lo clasifica como fibrocemento, con tendencia a composición cementicia.

A continuación, se hará uso del estudio liderado por (N. Alchapar et al., 2020), que profundiza en sustentabilidad energética urbana, para presentar la reflectancia solar (SR) para una cubierta con características similares a la encontrada en la vivienda modelo.



Figura 15 Muestreo de tipos de cubiertas según su clasificación

Fuente: Sustentabilidad energética urbana; Revista Ingeniería de Construcción.

En la sección de tejas, la referencia T11 se presenta como un material de composición cementicia, con forma colonial y color terracota, características que se acercan a la cubierta de la vivienda en estudio. Según los resultados obtenidos en el estudio realizado a cubiertas y su índice de reflectancia solar, se llega a un valor numérico de  $SR = 0,47$ , para el modelo de cubierta T11.

Tabla 6 Reflectividad Solar (SR) en cubiertas

COD.	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS			PROPIEDADES OPTO-TÉRMICAS				
		Forma	Terminación	Color	á	a	e	Ts	SR/
T01	Cerámica	colonial	natural	terracota	0.71	0.29	0.90	43.00	90
T02	Cerámica	francesa	natural	terracota	0.62	0.38	0.90	48.00	80
T03	Cerámica	francesa	esmaltada	terracota	0.64	0.36	0.90	47.00	81
T04	Cerámica	francesa	esmaltada bicocción	negro	0.47	0.53	0.95	56.00	64
T05	Cerámica	francesa	esmaltada monococción	negro	0.41	0.59	0.98	58.00	59
T06	Cerámica	francesa	mate bicocción	negro	0.41	0.59	0.98	58.00	58
T07	Cerámica	francesa	mate monococción	negro	0.43	0.57	0.95	57.00	60
T08	Cerámica	romana	esmaltada	terracota	0.71	0.29	0.95	42.00	90
T09	Cerámica	romana	natural	terracota	0.67	0.33	0.90	45.00	85
T10	Cerámica	romana	envejecida	terracota	0.55	0.45	0.95	51.00	72
T11	Cementicia	colonial	natural	terracota	0.47	0.53	0.95	55.00	64
T12	Cementicia	francesa	mate	negro	0.31	0.69	0.95	64.00	47
T13	Cementicia	francesa	esmaltada/acrílica	negro	0.37	0.63	0.95	61.00	53
T14	Cementicia	francesa	natural	gris	0.65	0.35	0.90	46.00	82
T15	Cementicia	colonial	mate	negro	0.46	0.54	0.95	56.00	63
T16	Cementicia	francesa	mate	terracota	0.46	0.54	0.95	56.00	63
T17	Compuestos reciclados	francesa	mate	negro	0.32	0.68	0.86	67.00	51
M1	Asfáltica aluminio	n/a	brillante	sin pintar	0.84	0.16	0,05*	54.50	69
M2	Asfáltica aluminio	n/a	mate	blanco	0.71	0.29	0.90	45.50	85
M3	Asfáltica aluminio	n/a	mate	rojo	0.43	0.57	0.98	75.00	32
M4	Asfáltica aluminio	n/a	mate	verde	0.39	0.61	0.98	77.00	29
M5	Asfáltica geotextil	n/a	mate	blanco	0.70	0.30	0.90	48.00	81
M6	Asfáltica geotextil	n/a	mate	rojo	0.44	0.56	0.98	76.00	30
M7	Asfáltica geotextil	n/a	mate	verde	0.40	0.60	0.98	77.50	28
M8	Líquida eco 4000	n/a	mate	blanco	0.69	0.31	0.85	44.00	87
M9	Líquida premium	n/a	mate	blanco	0.66	0.34	0.94	45.00	86
M10	Líquida poliuretánica 4000	n/a	mate	blanco	0.78	0.22	0.95	36.50	100
M11	Líquida econo	n/a	mate	blanco	0.65	0.35	0.95	45.50	85
M12	Líquida acrílica	n/a	mate	blanco	0.79	0.21	0.95	36	100
M13	Líquida poliuretánica 5000	n/a	mate	blanco	0.72	0.28	0.95	41.00	94
M14	Líquida fibrada	n/a	satinada	blanco	0.83	0.17	0.90	43.00	89
M15	Líquida fibrada	n/a	satinada	rojo	0.61	0.39	0.95	59.50	58

Fuente: Sustentabilidad energética urbana; Revista Ingeniería de Construcción.

### **Pintura paredes exteriores color Flor de Algodón**

El proyecto base de estudio propone una pintura llamada Viniltex Acrilitex de la marca Pintuco, la cual se describe con un color denominado Flor de Algodón (ver Figura 16).



*Figura 16 Paleta de Colores*

*Fuente: Pintuco*

Debido a que la ficha técnica de la pintura propuesta no ofrece un valor de reflectancia solar (SR) se optó por buscar pinturas en el mercado que cuenten con esta información y que su RGB sea similar al de la pintura a trabajar. Como se puede observar en la figura a continuación el RGB de esta es R:233 G:209 B:181.

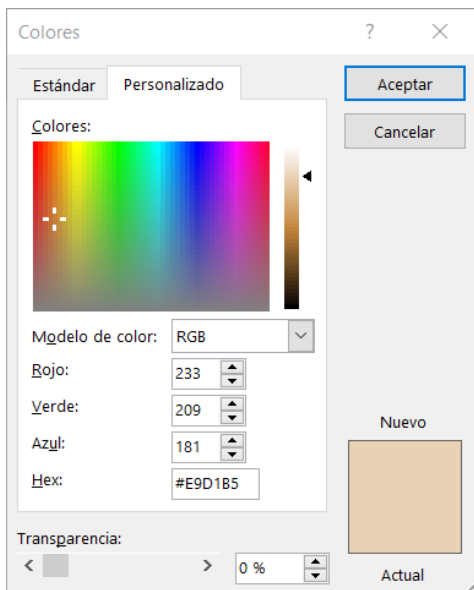


Figura 17 RGB de color Flor de Algodón de Pintuco

Fuente: Autores

Se utilizó el sitio web “My Perfet Color Exact Match Paint Color Solutions” el cual permitió una comparación a gran escala de distintos colores disponibles en el mercado, en este sitio web fue posible encontrar una pintura con RGB similar al color trabajado en el proyecto de estudio como se muestra en la siguiente ilustración.



*Figura 18 LVR de una pintura.de codigo HEX #E9D0B4*

*Fuente: (MyPerfectColor.com, s. f.)*

Como se puede observar en la figura anterior el color cuenta con un LVR (Light Reflectance Value o Valor de Reflectancia de Luz) este valor es utilizado para medir la habilidad de un color para reflejar o absorber luz mientras que el SR se utiliza para medir la habilidad de un material de reflejar la luz solar (Casini, 2016; Villalba et al., 2020).

En el proyecto se plantea el uso de la pintura anteriormente descrita, sin embargo hallar un valor de reflectancia solar a partir de LRV es imposible actualmente debido a que estos dos valores no son comparables y no se cuenta con información adicional o herramientas para realizar una investigación específicamente de estos valores, por lo cual se decidió proponer un nuevo tipo de pintura o revestimiento vertical que haya sido objeto de estudio previamente y cuente con un valor de reflectancia solar que permita un ahorro energético eficiente.

### **Ventanas con marco en aluminio natural**

Para la evaluación de las ventanas en la vivienda modelo es de suma importancia conocer el concepto de la relación ventana pared (WWR), por su sigla en inglés, Window to Wall Ratio, el cual consiste en determinar la proporción de la totalidad del muro que se utiliza en ventanearía. Esta se define como el cociente del área de ventanearía entre el área total de los muros.



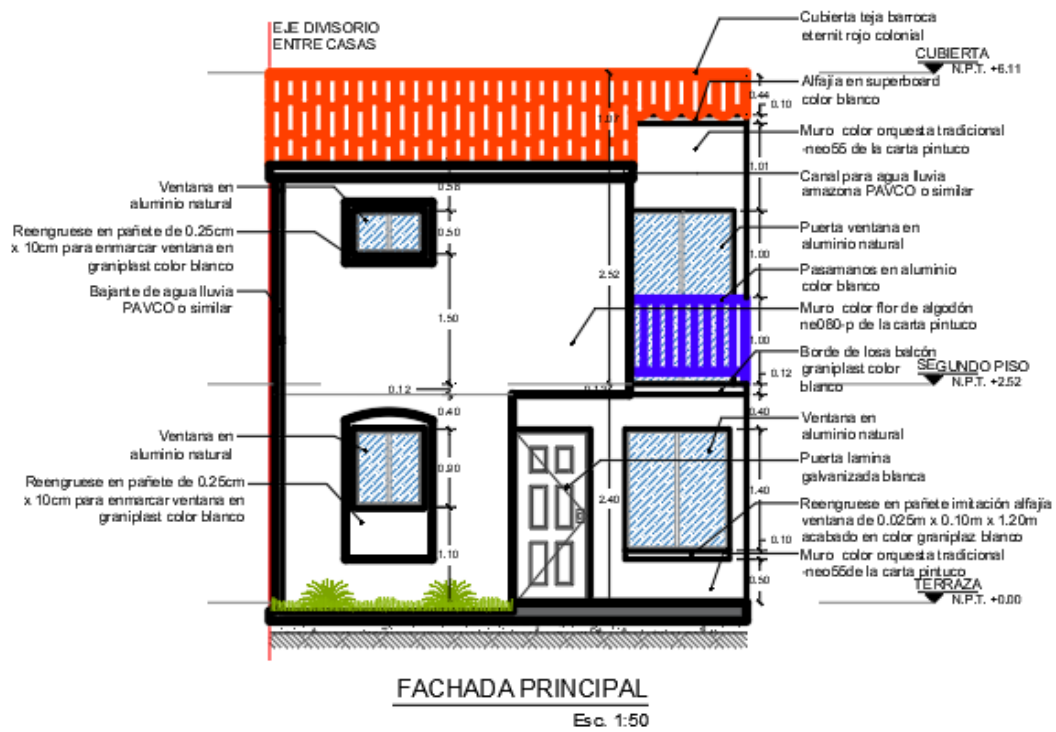


Figura 19 Fachada principal con detalles de ventanería

Fuente: Planos Arquitectónicos, casa modelo urbanización Koralia

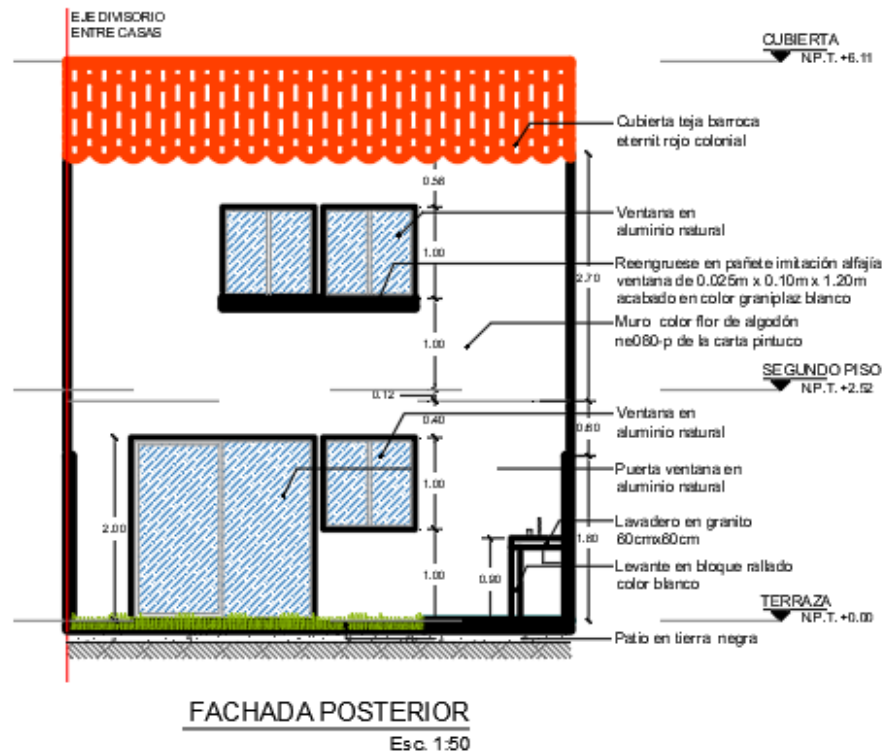


Figura 20 Fachada posterior con detalles de ventanería

Fuente: Planos Arquitectónicos, casa modelo urbanización Koralia

A continuación, se presentan los datos suministrados por los planos arquitectónicos para el área de ventanearía y muros exteriores, al igual que la relación WWR.

Tabla 7 Áreas y relación ventana – pared

Nivel	Ubicación	Área total	Área Ventanearía	Relación (WWR)
1 <sup>er</sup> piso	Fachada principal	13.44 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>	0.179
	Fachada posterior	12.96 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	0.386
2 <sup>do</sup> piso	Fachada principal	15.383 m <sup>2</sup>	2.8 m <sup>2</sup>	0.182
	Fachada posterior	14.58 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	0.137
			Relación WWR Promedio	22%

Fuente: Planos Arquitectónicos casa modelo urbanización Koralia

Para el presente proyecto las ventanas cuentan con un marco de aluminio el cual le genera distintos beneficios. De acuerdo con estudios, este tipo de ventanas son una garantía contra la humedad, el sol o cualquier otro efecto meteorológico, debido a que soporta muy bien la intensidad solar, por tal razón este material permite un buen aislamiento acústico y térmico, manteniendo estable la temperatura del espacio donde se encuentre ubicada la ventana. El aluminio es un material resistente y su diseño evita que se pudra como es el caso de la madera o que se oxide como ocurre con el hierro, esto quiere decir que el aluminio impide la corrosión, tiene propiedades que lo denominan un material inflamable, conservando así la seguridad de la vivienda, es un material ecológico y reciclable. Además, estas ventanas de aluminio representan una inversión muy económica («Características y Ventajas de las Ventanas de Aluminio», 2016).

### **Proposición y análisis de mejoras en la vivienda**

Dentro de las medidas de ahorro en energía para una vivienda se pueden encontrar aspectos pasivos y activos. Los aspectos pasivos son los que van relacionadas en su mayoría con condiciones de diseño arquitectónicos, estos aspectos no involucran sistemas mecánicos o

eléctricos y generalmente componen la envolvente de la edificación, por otro lado, las medidas de energía activas hacen referencia a todo el equipamiento que requiere recursos eléctricos o mecánicos para su funcionamiento. A continuación, se presentan distintas medidas, tanto activas como pasivas, como propuesta para un mejor funcionamiento de la vivienda en cuanto a energía, según el ambiente en el que se encuentra, de igual manera se presentan medidas aportantes al ahorro de agua.

### **Medidas de mejora pasivas en energía**

#### **Proporción ventana pared**

Los espacios con ventanearía son de gran influencia en la ganancia de calor dentro de la vivienda, ya que al ser su principal material el vidrio y no poseer una capacidad alta para retener el calor, la necesidad de mitigación de esta fuente es alta, caso contrario de los muros que a pesar de estar expuestos a la misma cantidad de calor no permiten el paso directo al interior de la vivienda. Es por esto por lo que, según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010, los valores de relación ventana pared para cualquier clima deben mantenerse por debajo del 40%.

En el capítulo anterior se hizo una evaluación de la relación ventana pared de la vivienda en estudio, más adelante se presentará el beneficio que aporta dicha proporción para la vivienda en cuanto a ahorro de energía, de igual manera si el análisis arroja una necesidad de cambio o por el contrario evidencia un conocimiento por parte del constructor de las recomendaciones antes mencionadas.

### **Recubrimiento**

El consumo energético y el confort térmico se ven modificados por la condición artificial del medio urbano actual. Al generarse un incremento en la temperatura de la ciudad con respecto a las áreas produce la formación de islas de calor. Una estrategia para disminuir las temperaturas en una ciudad es estudiar las propiedades termofísicas de los materiales utilizados para estructuras como techos, pavimentos y fachadas (Noelia Liliana Alchapar et al., 2012).

Para la vivienda se proponen materiales tanto para la cubierta como la pintura y su color para la fachada. Esta información es necesaria para determinar la reflectancia del material planteado para el proyecto y su aporte en el ahorro energético según la certificación EDGE.

Principalmente se debe describir el fenómeno denominado reflectancia y este que efectos ocasiona sobre la energía dentro de una vivienda, la reflectancia es el fenómeno en el cual el espectro de la luz es reflejado por una superficie, el grado de reflectancia depende del material debido a que algunos tienen la capacidad de absorber determinado espectro luminoso mientras que otros tienen la capacidad de reflejar estos espectros. Por esta razón el fenómeno de reflectancia es importante en el estudio con respecto a la energía debido a que permite una disminución del consumo energético al reflejar mayor cantidad de luz solar y dependiendo de su capacidad de emisión térmica permite que el calor que llega a la vivienda sea devuelto a la atmósfera, esto claramente teniendo una combinación entre color y material de construcción que permitan un trabajo óptimo (Uribe Vélez, 2012).

## Cubierta

Actualmente se invierte una cantidad de dinero y energía considerable con el objetivo de crear ambientes que generen confort a los habitantes de las edificaciones a pesar de las altas temperaturas, la energía mencionada anteriormente siendo utilizada para el enfriamiento de estas edificaciones para sobrellevar las circunstancias presentadas.

Una solución viable para la situación presente es la implementación de techos fríos que son sistemas de cubiertas que pueden ser utilizados en todo tipo de edificación, este sistema reduce la temperatura del techo hasta un valor cercano a 37 grados Celsius lo que permite la disminución de la carga energética de equipos de enfriamiento tradicionales (Uribe Vélez, 2012). Como se puede observar en la Figura 21 el techo frio genera un cambio notorio en la temperatura dentro de la casa lo que se traduce en un ahorro del consumo energético para mantener la misma temperatura en situaciones donde la emisión solar recibida es igual, pero la reflexión de esta es notoriamente diferente.

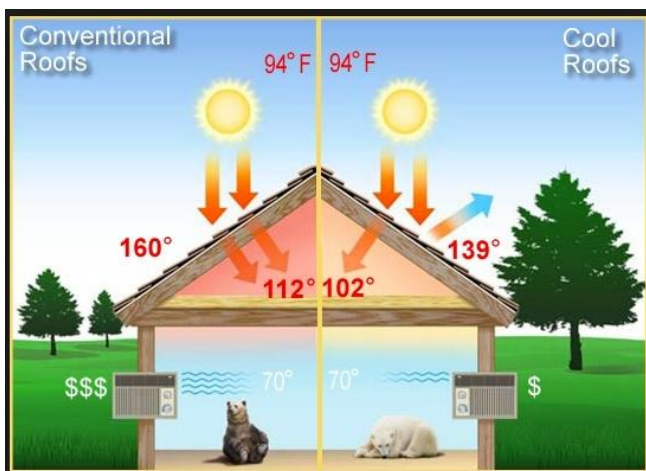


Figura 21 comparación de un techo convencional y un techo frío o reflectivo

Fuente: (Earthship Biotecture, 2018)

A partir de la Tabla 6 mostrada anteriormente se propuso la implementación de una teja en cerámica (T01) la cual mantiene la forma colonial planteada en los planos del proyecto y cuenta con un color terracota, la opción elegida cuenta con un albedo (SR) de 0.71 siendo esta la mejor opción en términos de reflectancia debido al alto valor que este ofrece para el proyecto.

### **Pintura**

En el artículo de (Noelia L. Alchapar et al., 2014), se clasifican materiales de construcción usados en edificaciones de acuerdo a su capacidad para mitigar las islas de calor urbanas, en este se determinó que existen mayores posibilidades para controlar el comportamiento térmico en los revestimientos verticales debido a que estos presentan una gran capacidad de reflexión, el estudio mencionado permitió determinar un material idóneo para el proyecto, como lo es el revestimiento en acrílico Rulato Travertino fino marfil como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, este material cuenta con un albedo de 0.91 el cual muestra ser una opción beneficiosa debido que este valor permitirá que la reflectancia solar sea casi total a la luz recibida por la vivienda, a su vez que su emisión térmica iguala el valor demostrando que el calor acumulado dentro de la vivienda será poco porque este no será absorbido por la estructura en su mayoría.

Tabla 8 Código asignado, temperatura superficial (K), albedo, emisividad y SRI de revestimientos verticales.

Vertical cladding	$\tilde{\alpha}$	$\varepsilon$	$T_s$ (K)	SRI (%)	Vertical cladding	$\tilde{\alpha}$	$\varepsilon$	$T_s$ (K)	SRI (%)		
SIP 1	Fine travertine rulato-white	0.86	0.85	312	97	CW 41	Medium rulato textured-white	0.86	0.90	311.5	98
SIP 2	Fine travertine rulato-ivory	0.91	0.90	308	100	CW 42	Medium rulato textured-ivory	0.77	0.85	317	88
SIP 3	Fine travertine rulato-paris stone	0.81	0.88	314	92	CW 43	Medium rulato textured-paris stone	0.69	0.80	322	77
SIP 4	Fine travertine rulato-ochre	0.47	0.95	332	57	CW 44	Medium rulato textured-ochre	0.51	0.85	332	58
SIP 5	Fine travertine rulato-terracotta	0.41	0.95	336	50	CW 45	Medium rulato textured-terracotta	0.49	0.93	332	58
SIP 6	Fine travertine rulato-clear gray	0.57	0.85	329	64	CW 46	Medium rulato textured-clear gray	0.61	0.82	327	68
SIP 7	Fine travertine rulato-green	0.40	0.95	336	49	CW 47	Medium rulato textured-green	0.42	0.95	335	51.5
SIP 8	Fine travertine rulato-dark gray	0.28	0.95	342	37	CW 48	Medium rulato textured-dark gray	0.32	0.95	340.5	41
SIP 9	Rustic travertine rulato-white	0.78	0.85	316	89	CW 49	Medium travertine textured-white	0.53	0.85	331	60
SIP 10	Rustic travertine rulato-ivory	0.86	0.90	311	99	CW 50	Medium travertine textured-ivory	0.76	0.85	318	86
SIP 11	Rustic travertine rulato-paris stone	0.82	0.90	314	94	CW 51	Medium travertine textured-paris stone	0.69	0.90	321	79
SIP 12	Rustic travertine rulato-ochre	0.42	0.95	335	51.5	CW 52	Medium travertine textured-ochre	0.60	0.90	326	69
SIP 13	Rustic travertine rulato-terracotta	0.29	0.94	342	38	CW 53	Medium travertine textured-terracotta	0.44	0.95	334	53
SIP 14	Rustic travertine rulato-clear gray	0.47	0.95	333	56	CW 54	Medium travertine textured-clear gray	0.68	0.90	322	78
SIP 15	Rustic travertine rulato-green	0.37	0.95	338	46	CW 55	Medium travertine textured-green	0.50	0.90	332	58
SIP 16	Rustic travertine rulato-dark gray	0.29	0.95	342	38	CW 56	Medium travertine textured-dark gray	0.46	0.90	334	54
SIP 17	Fine llaneado-white	0.81	0.80	315	91	CW 57	Salpic salpicrate-white	0.80	0.85	315	91
SIP 18	Fine llaneado-ivory	0.48	0.85	333	55	CW 58	Salpic salpicrate-ivory	0.79	0.90	315	91
SIP 19	Fine llaneado-paris stone	0.91	0.90	309	100	CW 59	Salpic salpicrate-paris stone	0.66	0.90	323	76
SIP 20	Fine llaneado-ochre	0.83	0.90	313	95	CW 60	Salpic salpicrate-ochre	0.55	0.95	328	65
SIP 21	Fine llaneado-terracotta	0.39	0.95	337	48	CW 61	Salpic salpicrate-terracotta	0.57	0.90	328	66
SIP 22	Fine llaneado-clear gray	0.76	0.90	317	87	CW 62	Salpic salpicrate-clear gray	0.70	0.85	321	79
SIP 23	Fine llaneado-green	0.35	0.95	339	45	CW 63	Salpic salpicrate-green	0.48	0.90	333	56
SIP 24	Fine llaneado-dark gray	0.19	0.95	347	29	CW 64	Salpic salpicrate-dark gray	0.33	0.90	341	41
SIP 25	Rustic llaneado-white	0.83	0.85	314	94	CW 65	Ironed salpicrate-withe	0.83	0.80	314	94
SIP 26	Rustic llaneado-ivory	0.73	0.85	319	83	CW 66	Ironed salpicrate-ivory	0.73	0.85	319	83
SIP 27	Rustic llaneado-paris stone	0.54	0.85	330	61.5	CW 67	Ironed salpicrate-paris stone	0.60	0.85	327	68
SIP 28	Rustic llaneado-ochre	0.72	0.90	319	83	CW 68	Ironed salpicrate-ochre	0.48	0.95	332	58
SIP 29	Rustic llaneado-terracotta	0.46	0.95	333	56	CW 69	Ironed salpicrate-terracotta	0.44	0.95	334	54
SIP 30	Rustic llaneado-clear gray	0.73	0.90	319	83	CW 70	Ironed salpicrate-clear gray	0.65	0.85	324	73
SIP 31	Rustic llaneado-green	0.30	0.95	341	39	CW 71	Ironed salpicrate-green	0.46	0.90	334	54
SIP 32	Rustic llaneado-dark gray	0.23	0.95	345	33	CW 72	Ironed salpicrate-dark gray	0.31	0.95	341	40
SIP 33	Medium granitex-white	0.86	0.85	312	97.5	CW 73	Medium granitex-white	0.81	0.85	314	92
SIP 34	Medium granitex-ivory	0.76	0.85	318	86	CW 74	Medium granitex-ivory	0.75	0.85	318	85
SIP 35	Medium granitex-paris stone	0.65	0.85	324	73	CW 75	Medium granitex-paris stone	0.72	0.90	320	82
SIP 36	Medium granitex-ochre	0.70	0.90	320	80.5	CW 76	Medium granitex-ochre	0.49	0.90	332	57
SIP 37	Medium granitex-terracotta	0.39	0.95	337	49	CW 77	Medium granitex-terracotta	0.49	0.90	332	57
SIP 38	Medium granitex-clear gray	0.46	0.92	334	54	CW 78	Medium granitex-clear gray	0.70	0.80	322	78
SIP 39	Medium granitex-green	0.34	0.95	339	43	CW 79	Medium granitex-green	0.45	0.90	334.5	53
SIP 40	Medium granitex-dark gray	0.26	0.95	343	35	CW 80	Medium granitex-dark gray	0.69	0.95	320.5	80

Fuente: (Noelia L. Alchapar et al., 2014)

### Aislante térmico para paredes externas

En la actualidad existe un amplio catálogo de materiales con propiedades de aislamiento térmico, estos pueden ser de origen vegetal como el corcho, paja o la fibra de madera, de origen mineral como la fibra de vidrio, lana mineral y el vidrio espumoso, o de origen sintético como lo es el poliestireno expandido y el PVC. La elección de este material dependerá del clima de la zona, el flujo de calor y frío de la estructura y factores propios como energía incorporada y nivel de emisión de compuestos orgánicos volátiles (Uribe Vélez, 2012).



Para la implementación dentro del proyecto se propuso el uso de poliestireno expandido (EPS) que es un derivado plástico, este cuenta con ventajas como su bajo peso además de su estabilidad térmica hasta los 70 °C (Fundación Laboral de la Construcción, 2020). Lo mencionado anteriormente demuestra que su uso es viable en una vivienda ubicada en la ciudad de Barraquilla, donde la temperatura máxima puede llegar hasta los 34 °C a lo largo del año (Weather Spark, 2020).

El poliestireno expandido EPS, según la Fundación Laboral de la Construcción, presenta un coeficiente de conductividad térmica que varía entre 0.034-0.045 W/mK, siendo esta el transporte de energía a través de un cuerpo como resultado de una exposición a cambios de temperatura, es decir que a menor valor de este coeficiente menor es la cantidad de calor (energía) que atraviesa el cuerpo determinado en este caso la vivienda estudiada (*Definición de Conductividad Térmica*, 2016).

Por último, se optó para el estudio trabajar con un valor de conductividad de 0.045 W/mK debido a que este valor representa la condición con más probabilidad a que se presente.

### **Medidas de mejora activas en energía**

#### **Bombillas ahorradoras en espacios internos**

La iluminación dentro y fuera de una vivienda llega a significar un valioso aumento o disminución de la energía gastada, según sea el uso. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010) Razón clave para incluirlo dentro del análisis de eficiencia energética y mejor aprovechamiento de esta.

De las opciones más eficientes y adecuadas debido a su tamaño y potencia encontramos las lámparas compactas fluorescentes (CFL), Lámparas T5 y T8 y las conocidas lámparas LED.



*Figura 22 Lámpara compacta fluorescente (CFL)*

*Fuente: Catalogo Volteck-Truper*

El tipo de bombillas ahorradoras tales como Lámpara compacta fluorescente (CFL) son ideales para espacios interiores donde se requiera mucha luz y no haya necesidad de reducir la potencia lumínica (uso de dimmers). En la Figura 22 se aprecia un tipo de lámpara con un consumo de 20W y equivalencia lumínica de 70W, lo que se interpreta como una buena relación entre el consumo y la eficiencia.

Es importante mencionar que, si se desea usar este tipo de luminaria en espacios exteriores, se debe contar con una protección contra la humedad.

Para garantizar que el ahorro se cumpla en la vivienda se debe mantener bombillas ahorradoras, según se seleccione, en un porcentaje igual o mayor al 80% de la iluminación total.

### **Controles para la iluminación**

Los controles para iluminación son útiles tanto en espacios exteriores como en zonas comunes, su principal objetivo es dar al usuario la tranquilidad de tener iluminación solo cuando el medio lo requiera. En caso de ser en zonas comunes interiores y contar con la presencia de ventanearía se recomienda un fotocontrol temporizado, tal como el presentado en la Figura 23 e instalarlo cerca a esta, en caso de no contar con ventanearía en el espacio los fabricantes recomiendan usar controles de iluminación por movimiento, dado que en ningún momento se podrá hacer uso de iluminación natural.



*Figura 23 Fotocontrol Temporizado*

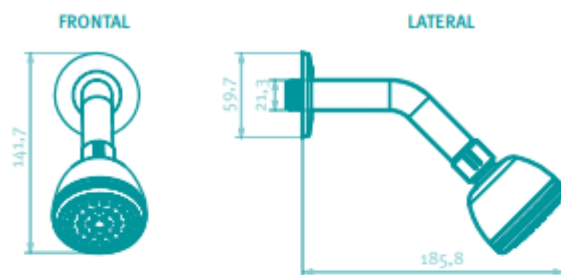
*Fuente: Exceline-Profesional, Ficha Técnica*

### Medidas de mejora reducción de gasto en agua

#### Cabezales de ducha y grifería de bajo flujo

Como anteriormente se mencionó lo que se busca en un accesorio o aparato es una alta eficiencia a fin de disminuir el consumo de recursos. Los accesorios eficientes en conservación de agua proveen las mismas funciones que un accesorio convencional, pero usando menor cantidad de agua. Tipos de accesorios con aireadores, combinados con aparatos eficientes, pueden llegar a representar un ahorro de agua desde un 10% hasta un 80%.

Regadera:



Mezclador:

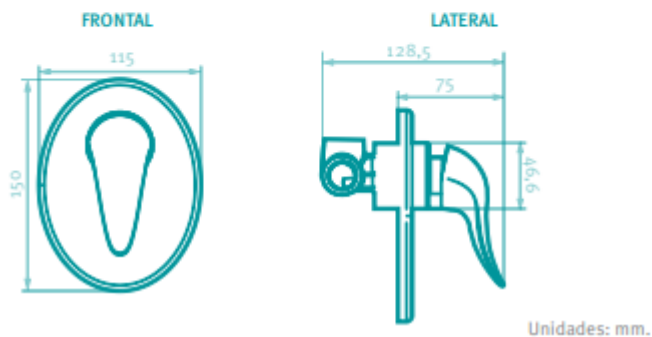


Figura 24 Plano Técnico ducha de bajo flujo con accesorios.

Fuente: Grival-Ficha técnica.

A razón del clima en la ciudad de Barranquilla, no es necesario pensar en una ducha con doble control para combinación de agua, en la Figura 24 se puede apreciar un tipo de ducha recomendada con un flujo de 8 lts/min a una presión de 80 psi, con un mezclador único para agua fría.

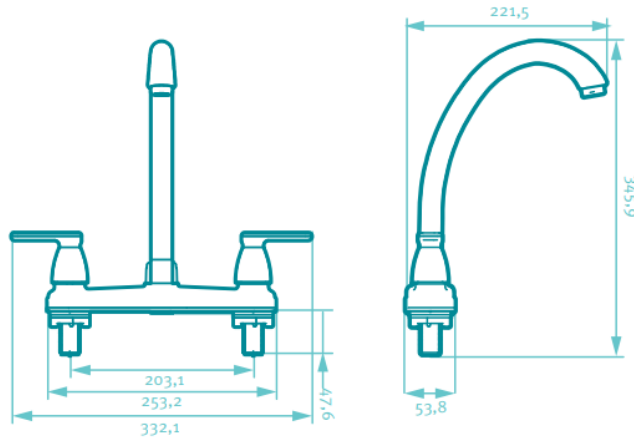


Figura 25 Plano Técnico lavaplatos 8 pulgadas

Fuente: Grival - Ficha Técnica

Con una salida de agua de 8.3 lts/min a una presión de 80 psi, doble control de llave y pico alto, este accesorio hidráulico es una solución ideal para viviendas familiares con necesidades básicas de limpieza en el área de cocina.

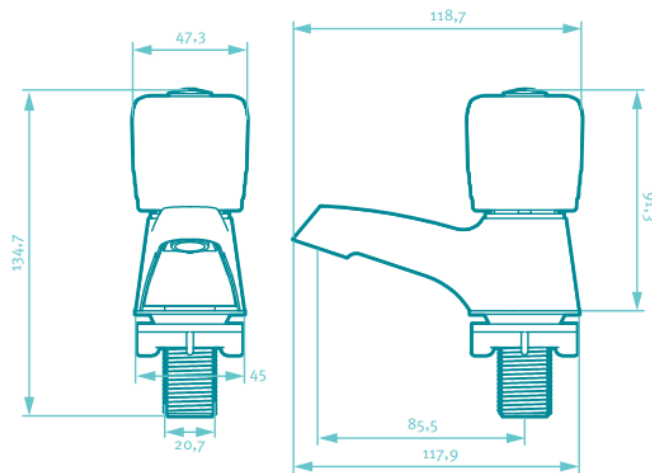


Figura 26 Plano Técnico Lavamanos Sencillo

Fuente: Grival-Ficha técnica

Con una salida de 7.23 Lts/min a una presión de 60 psi, este terminal y control de llave para lavamanos es recomendado en el uso en todos los baños de la vivienda, garantizando porcentaje de ahorro presentado en la sección 0.

### **Aparatos sanitarios de doble descarga**

Un aparato sanitario de doble descarga brinda las mismas comodidades que un sanitario convencional, con tecnología adicional de ahorro de agua. Esta tecnología consiste en la separación del tanque de descarga, incluyendo dos botones para su ejecución, al oprimir uno de estos el aparato se descarga la cantidad de agua adecuada para drenar líquidos, al accionar el botón contiguo se podrá acceder a una descarga mayor con capacidad de eliminación de sólidos.

En la Figura 27 se puede apreciar un tipo de aparato sanitario con doble descarga que requiere 3.2 Lpf para descarga de líquidos y 4.8 Lpf para descarga de sólidos.

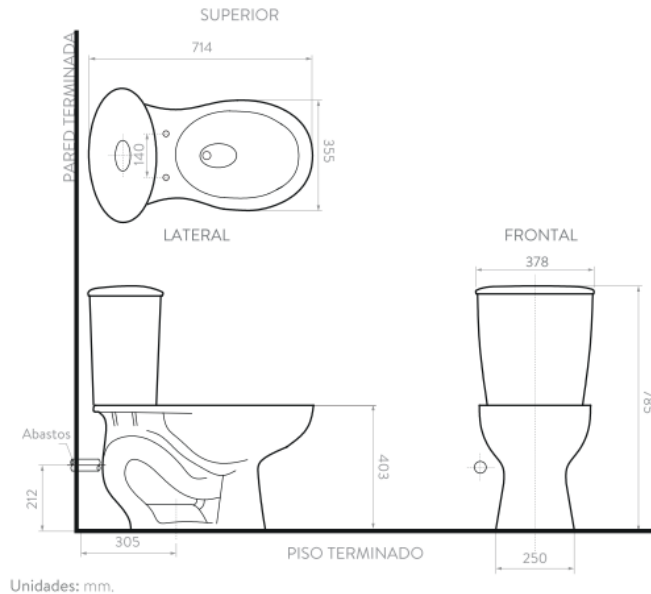


Figura 27 Planos Técnicos sanitario de doble descarga

Fuente: Corona -Ficha Técnica

### Utilización de agua de precipitación

Colombia cuenta con una gran riqueza hídrica disponible, sin embargo, en la actualidad, muchas de estas fuentes se están viendo afectadas, en adición a esto algunas poblaciones no tienen fácil acceso a fuentes de abastecimiento cercanas. (Ortiz Forero & BERNAL, 2017)

Por otra parte, dentro de las fuentes de agua disponibles se encuentra la precipitación, es por esto que en algunos escenarios la utilización de un sistema de recolección de aguas lluvias aporta un gran ahorro en cuanto a consumo de recursos.

Se propone el análisis de implementación de un sistema de captación de aguas lluvias, haciendo uso del sistema de conducción actual conformado por canaletas y bajantes en

PVC, ver Figura 19, para un posterior tratamiento y conducción a zonas comunes y de labores dentro de la vivienda.

### **Análisis de mejoras propuestas**

Después de encontrar las características y espacios de la vivienda donde se podían presentar propuestas de mejora, se presentan los resultados obtenidos por medio del trabajo realizado con el software EDGE, al igual que un análisis en base a precipitaciones históricas de 30 años (1990-2019), datos proporcionados por el IDEAM.

La guía de construcción sostenible ha sido mencionada a lo largo de esta investigación como sustento a varias afirmaciones, es importante mencionar en esta sección que en esta guía se presentan los lineamientos establecidos para las distintas ciudades del país, según la clasificación de clima, en base a las cuales se hizo la proposición de mejoras para la vivienda en estudio. Dentro de lo mencionado en la guía, se muestra una línea base de consumo en energía y agua, valiéndose de datos recolectados y análisis estadísticos de las diferentes ciudades del país.

El consumo en línea base para una vivienda de interés prioritario en la ciudad de Barranquilla, clasificada en clima *cálido húmedo* es:

- Consumo de energía: 50,6 KWh/m<sup>2</sup>-año
- Consumo de agua: 110,6 lts/per/día

### **Medidas de eficiencia de energía**



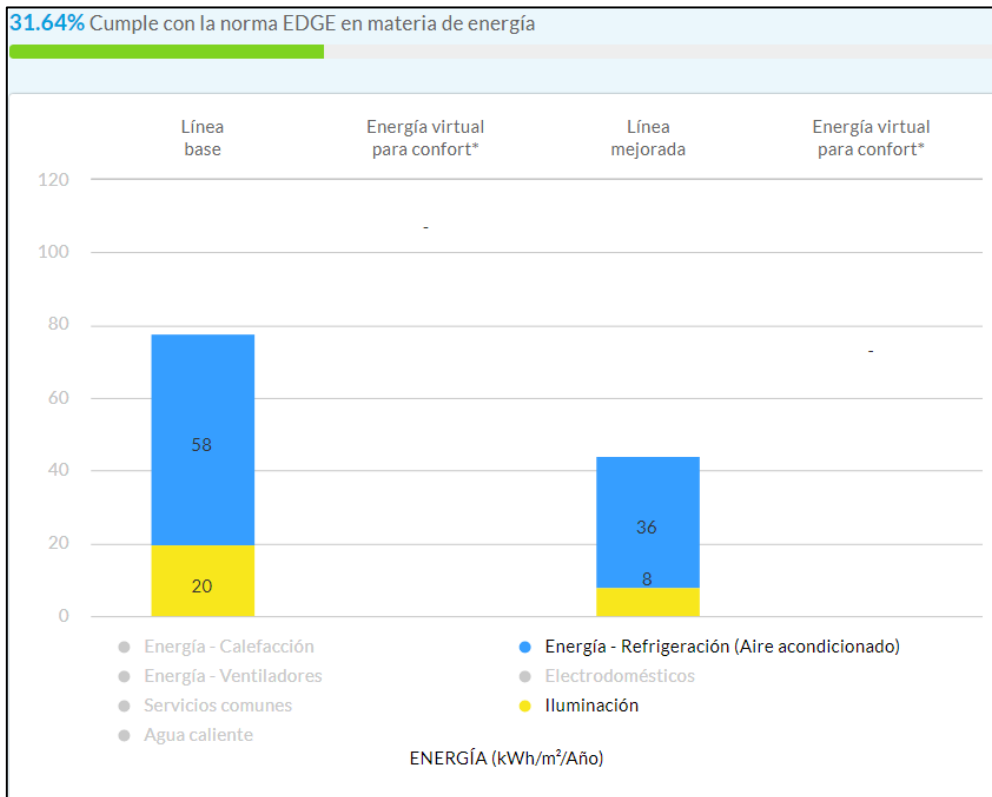


Figura 28 Comparación de gasto de energía en línea base vs línea mejorada

Fuente: Software EDGE

En la Figura 28 se puede apreciar cómo la reducción de la energía requerida en sistemas de refrigeración e iluminación en la vivienda disminuye en 22 KWh/m<sup>2</sup>/año y 12 KWh/m<sup>2</sup>/año respectivamente. Las medidas implementadas para que esta reducción fuese posible fueron las mencionadas anteriormente como medidas de mejora pasivas (0 Medidas de mejora pasivas en energía) y medidas de mejora activas (0 Medidas de mejora activas en energía). Al hablar de la relación ventana pared (WWR), se pudo evidenciar que la vivienda ya contaba con una proporción encaminada a las recomendaciones dadas para una eficiencia energética estando por debajo del 40% recomendado, sin importar el tipo de edificación o su clasificación por clima, por tal motivo, es importante resaltar que el mismo porcentaje

que se logró estimar (22%) fue el porcentaje que se usó como entrada para la medida de reducción de ventana pared (WWR) en el software.

Asimismo, dos medidas que aportaron en una cantidad considerable fueron la tejas para techo y la pintura de paredes externas reflectivas debido a que estas permiten una mejora en la climatización dentro de la vivienda porque cuentan con poca absorción de la onda de calor que genera la luz solar y esta al ser reflejada por el alto albedo que estas manejan, 0.71 y 0.91 respectivamente, permite que la temperatura interna de la vivienda se pueda regular, reduciendo el consumo de energía eléctrica utilizada para generar la misma temperatura en condiciones normales.

Este ahorro energético es debido a que los aparatos necesitan menos energía para generar una temperatura deseada dado que dentro de la vivienda se cuenta con una temperatura menor a la del entorno y que las medidas aplicadas reflejan la mayor parte del espectro dirigido a la vivienda.

Además se propuso la implementación de un aislante térmico denominado poliestireno expandido (EPS) en las paredes externas de la vivienda que permite que los materiales constructivos convencionales con alto coeficiente de conductividad térmica sean menos alcanzables, siendo el coeficiente de conductividad térmica del aislante utilizado de 0.045 W/mK lo que genera que la energía que llega a esta capa aislante no se conduzca fácilmente a los materiales de la pared y dando una sensación de disminución térmica dentro de la vivienda estudio de este proyecto, lo que aporta nuevamente en la climatización de esta y la disminución del consumo de energía para la refrigeración.

### Medias de eficiencia de agua

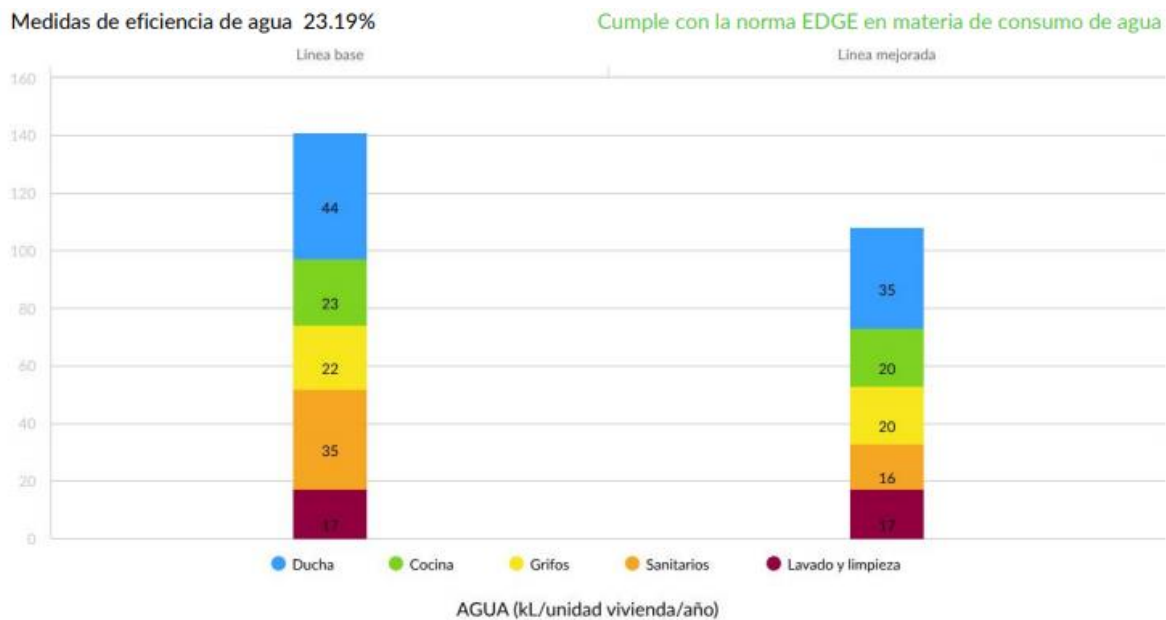


Figura 29 Comparación de gasto de agua en línea base vs línea mejorada

Fuente: Software EDGE

En la Figura 29 se pueden apreciar las 5 medidas de ahorro en agua posibles para implementación: Ducha, cocina, grifos, lavado y limpieza. Se evidencia que al implementar duchas de bajo flujo propuesta en el apartado 0 (Cabezales de ducha y grifería de bajo flujo para todos los baños), se obtiene una reducción de 9000 L/unidad vivienda/año del gasto total inicial dedicado para este propósito. De igual manera se aprecia la reducción de 3000 L/unidad vivienda/año, 2000 L/unidad vivienda/año y 19000 L/unidad vivienda/año para el área de cocina, grifos y sanitarios, respectivamente, evidenciando que el recurso utilizado en la descarga de inodoros actualmente en una vivienda sin implementación de medidas de ahorro es realmente excesivo e innecesario.

Con respecto a la medida de lavado y limpieza se puede evidenciar que tanto en la línea base como en la línea mejorada el gasto no presenta ningún cambio, cabe resaltar que esta medida de mejora se basa en la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias para un posterior uso en estas actividades, pero esta medida no se presenta como una alternativa final, las razones se mencionan a continuación.

Desde el inicio de la investigación se pretendía analizar tanto el resultado como la viabilidad en la implementación de las mejoras propuestas. Al analizar la viabilidad de implementación de un sistema de utilización de agua captada por la cubierta de la vivienda en estudio, por medio de un estudio hidrológico, procesando datos de precipitación diaria de 30 años consecutivos (1° enero de 1990 hasta el 29 de septiembre del 2019) de la estación pluviométrica Las Flores en la ciudad de Barranquilla, podemos observar el comportamiento de la lluvia a medida que avanza el año. Como se puede observar en la Figura 30 en junio se marca la mayor precipitación media mensual acumulada, en el primer semestre el año, para luego disminuir hasta que se llega a los dos meses más lluviosos del año, alcanzando el pico en septiembre con un total de 167.6 mm.

Según datos del IDEAM las precipitaciones anuales para la ciudad de Barranquilla oscilan entre valores de 500mm y 1500mm. El valor de precipitación anual promedio corrobora esta información ya que del análisis realizado se obtuvo una medida de precipitación promedio anual de 893.1 mm

Tabla 9 Precipitación media mensual acumulada

Mes	Precipitación media mensual acumulada
Ene	0.6 mm
Feb	1.6 mm
Mar	1.4 mm
Abr	27.4 mm
May	120.5 mm
Jun	83.0 mm
Jul	84.9 mm
Ag	108.1 mm
Sept	167.6 mm
Oct	157.0 mm
Nov	112.4 mm
Dic	28.6 mm
Precipitación Anual Promedio	893.1 mm

Fuente: Elaboración Propia

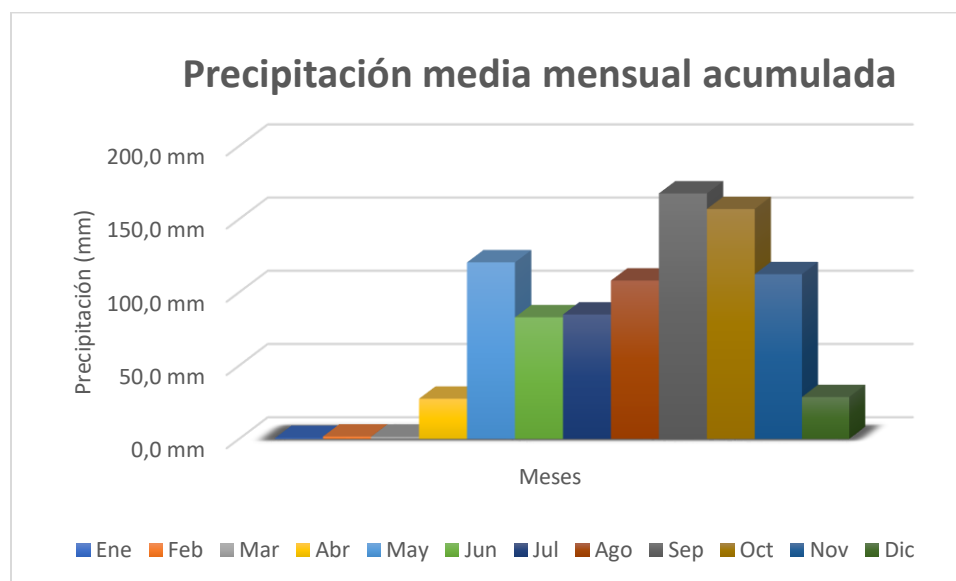


Figura 30 Promedio de precipitación mensual en la ciudad de Barranquilla

Fuente: Datos: IDEAM; Graficos: Elaboración Propia

Tabla 10 Valor numerico de presipitación mensual en la ciudad de Barranquilla

■ Ene	0.6 mm
■ Feb	1.6 mm
■ Mar	1.4 mm
■ Abr	27.4 mm
■ May	120.5 mm
■ Jun	83.0 mm
■ Jul	84.9 mm
■ Ago	108.1 mm
■ Sep	167.6 mm
■ Oct	157.0 mm
■ Nov	112.4 mm
■ Dic	28.6 mm

Fuente: Datos: IDEAM; Graficos: Propia

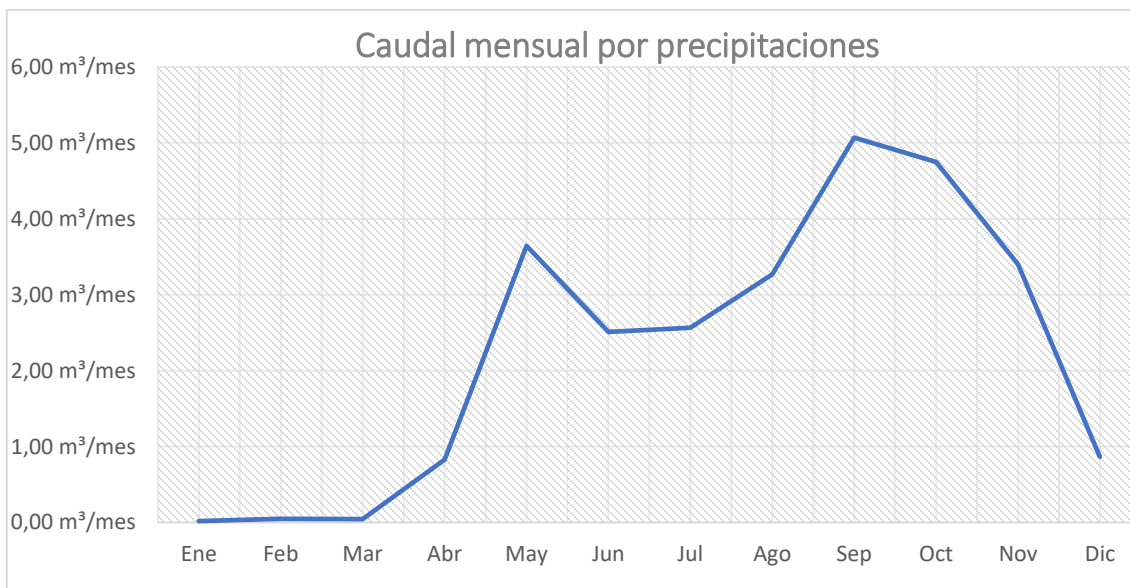


Figura 31 Volumen mensual captado por la cubierta

Fuente: Datos: IDEAM; Graficos: Propia

La Figura 31, por otra parte, nos muestra una gráfica de volúmenes acumulados provenientes de la cubierta de la vivienda en estudio, el volumen total captado por la cubierta para al final del año, teniendo en cuenta el área de 33.6 m<sup>2</sup> cubierta, Figura 32 Cubierta de vivienda modelo

Fuente: Planos Arquitectónicos, casa modelo urbanización Koralia y un coeficiente de escorrentía según el material de 0.9 (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010), será de veinte siete mil diez litros (27010 L)

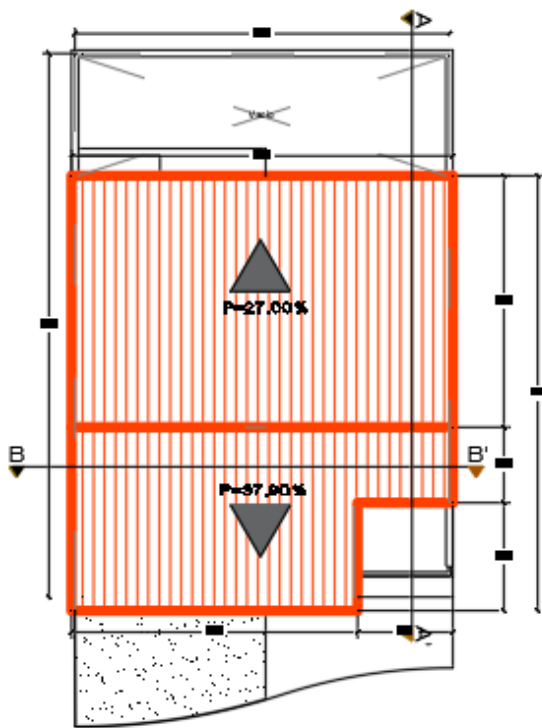


Figura 32 Cubierta de vivienda modelo

Fuente: Planos Arquitectónicos, casa modelo urbanización Koralia

Tabla 11 Volumen anual de recolección en cubierta de la vivienda modelo

Volumen anual de recolección en cubierta			
Mes	PP mensual	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (Litros)
Ene	0.596666667	0.02 m <sup>3</sup>	18.04 L
Feb	1.623333333	0.05 m <sup>3</sup>	49.09 L
Mar	1.443333333	0.04 m <sup>3</sup>	43.65 L
Abr	27.39666667	0.83 m <sup>3</sup>	828.48 L
May	120.4966667	3.64 m <sup>3</sup>	3,643.82 L
Jun	82.99333333	2.51 m <sup>3</sup>	2,509.72 L
Jul	84.85666667	2.57 m <sup>3</sup>	2,566.07 L
Ag	108.08	3.27 m <sup>3</sup>	3,268.34 L
Set	167.6366667	5.07 m <sup>3</sup>	5,069.33 L
Oct	156.9666667	4.75 m <sup>3</sup>	4,746.67 L
Nov	112.3966667	3.40 m <sup>3</sup>	3,398.88 L
Dic	28.58	0.86 m <sup>3</sup>	864.26 L
Volumen anual		27.01 m <sup>3</sup>	27,006 L

Fuente:

Elaboración Propia

Después de interpretar los datos y compararlos con la línea base de consumo establecida para una vivienda de interés prioritario, se reconoce que la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias en la vivienda como método de ahorro de recursos sería ineficiente en cuanto a utilidad dado que el volumen de agua a lo largo del año no compensaría la implementación, mantenimiento y operación necesaria para ser etiquetado como una opción viable, llegando a suplir únicamente el 19% de la necesidad de agua en un año para una vivienda con cuatro habitantes (Gasto de agua anual para 4 personas: 141 m<sup>3</sup>), adicional a esto la capacidad del tanque plantado para la recolección debe ser subutilizado en los meses de precipitación baja, ya que el volumen de agua que se recoja no logrará abastecer las necesidades de agua para las que fue propuesto.



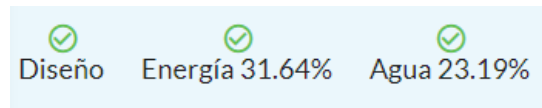


Figura 33 Cumplimiento de los componentes sostenibles propuestos por el software EDGE

Fuente: EDGE Buildings

En la Figura 33 Figura 33 Cumplimiento de los componentes sostenibles propuestos por el software EDGE

Fuente: EDGE Buildings se muestra el porcentaje de ahorro alcanzado en la implementación de los componentes sostenibles seleccionados, teniendo presente que sobrepasa el 15%, porcentaje mínimo para el primer y segundo año de implementación de medidas sostenibles para una vivienda de interés prioritario en un clima cálido húmedo (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010), se demuestra que el ejercicio fue exitoso gracias a la atención de medidas propuestas para el ahorro en agua y energía.

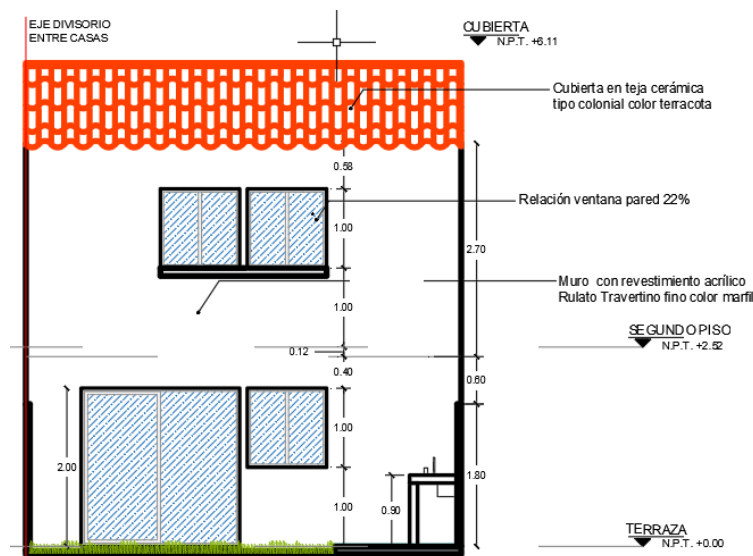


Figura 34 Presentación de mejoras propuestas para ahorro de energía pasivo

Fuente: Planos: Diseño arquitectónico, Mejoras: Elaboración propia.

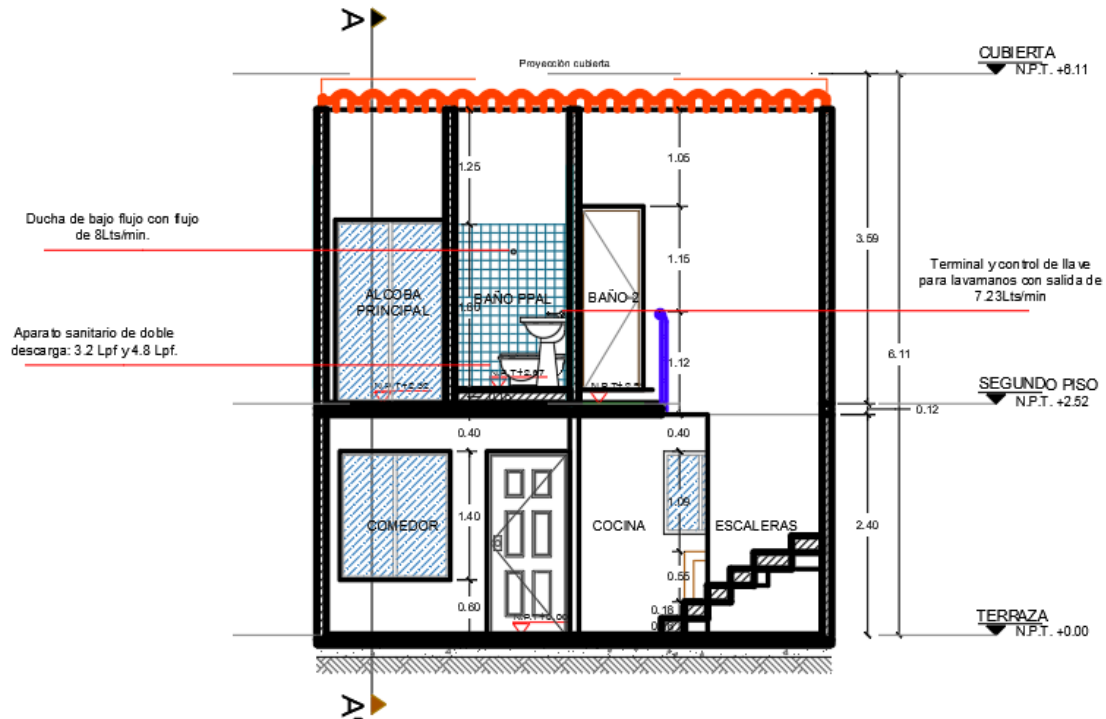


Figura 35 Presentación de mejoras propuestas para ahorro de agua

Fuente: Planos: Diseño arquitectónico, Mejoras: Elaboración propia.

Una vez presentados los ahorros alcanzados, se presenta en la Figura 34 e Figura 35 las medidas propuestas en la vivienda en estudio de la misma manera que fueron analizadas las características al inicio de la investigación, a través de planos arquitectónicos y de detalles.

Unos de los retos más grandes al momento de desarrollar esta investigación fue la implementación de medidas en un escenario que es considerado con poca probabilidad de éxito en el ahorro y en recuperación de inversión, debido a los limitados recursos monetarios disponibles para maniobras constructivas, sin embargo, se lograron presentar

medidas eficientes que no van más allá del remplazo o mejoramiento de las características ya dispuestas en la vivienda, permitiendo una implementación sin alterar en exceso los recursos disponibles. Cabe resaltar que solo se menciona que no hubo alteración en exceso de los recursos disponibles por tratarse de medidas sencillas, ya que no fue uno de los alcances de esta investigación la elaboración y comparación de un presupuesto total para la vivienda en un escenario inicial, con detalles arquitectónicos y en un escenario final con medidas implementadas.

Por otro lado, al hablar de la interfaz del software de certificación sostenible EDGE (Excellent in Design for Greater Efficiencies) se puede apreciar que es fácil de usar ya sea para desarrolladores o constructores, una de sus ventajas competitivas es la identificación rápida de las formas más rentables de reducir los usos de recursos naturales. cómo se pudo apreciar, en las gráficas finales de porcentajes presentados al inicio de este capítulo los datos que arroja el software como salida son bastante útiles para un análisis de lo que ocurrió en el proceso de implementación de medidas, sin embargo, diversas medidas, no fueron incluidas a razón del tipo de vivienda y el fin de la investigación. Eso nos lleva a mencionar que este tipo de recursos no son exclusivos para viviendas de interés prioritario, también se incluyen nuevas construcciones, existentes y renovaciones de oficinas, hotelería, comercio minorista, industria ligera, almacenes, hospitales e instalaciones educativas, a los que finalmente se les puede encaminar en el campo de la construcción sostenible.

En Colombia, desde el año 2010 ha estado implementando las medidas de construcción sostenible y con esto la reglamentación y recomendaciones para quienes se inician en

este proceso, resultó de gran importancia para el desarrollo, análisis y presentación de resultados el conocimiento de las guías y documentos preparados proporcionados como herramientas para la implementación de estrategias de construcción sostenible con el fin de ser implementadas en todas las ciudades del país.

### **Conclusiones**

El objetivo de este trabajo de investigación fue el análisis de la implementación de medidas eficientes en una vivienda de interés prioritario ubicada en la ciudad de Barranquilla y

cómo esto se vería reflejado en una disminución del uso de los recursos naturales necesarios para el abastecimiento y funcionamiento de ésta. Lo anterior se realizó con la ayuda del software de certificación sostenible EDGE.

Debido a la necesidad de conocer la viabilidad de implementación de una de las medidas propuestas, un sistema de recolección de aguas lluvias, se adicionó un análisis hidrológico de la estación pluviométrica Las Flores en la ciudad de Barranquilla para un periodo de 30 años, donde se determinó que la implementación de este sistema de recolección de agua lluvia era ineficiente al compararlo con la utilidad que podría brindar a la vivienda, aun así, tanto para el ejercicio de captación de aguas lluvias como para el resto de las medidas de eficiencia solo se tuvo en cuenta una vivienda seleccionada, si este ejercicio se probase en un conjunto de viviendas de interés prioritario, podría resultar en una viabilidad de implementación mayor. De igual manera, la medición directa de valores tales como la reflectividad solar, usada para ilustrar la cantidad de calor que el sistema de aire acondicionado debía disipar, y ensayos de laboratorio para los diferentes tipos de materiales usados como recubrimiento, aislantes térmicos y de cubierta, podrían ser de beneficio para el aporte en la implementación de mejoras sostenibles en viviendas de interés prioritario.

Por otro lado, se pudo apreciar que el ahorro total en la implementación de las medidas de energía y agua para la vivienda en estudio fue de 34 KWh/m<sup>2</sup>/año y 33000 L/unidad habitacional/año, respectivamente, siendo este un ahorro considerable de recursos.

Cada una de las medidas implementadas no trascienden límites de decisiones que pueden ser tomadas por constructores o por los usuarios finales, evidenciando que con pequeños cambios en algunas de las características de construcción y de accesorios de la vivienda se

puede obtener un ahorro significativo en materia de agua y energía. Estas deberían ser medidas consideradas al momento en suplir la necesidad de vivienda en nuestro país, apuntando no solo a la construcción y fácil adquisición por parte de las comunidades, sino también a una mejora continua de la relación entre la comunidad y el medio natural, asegurando el bienestar, integridad y permanencia de cada ser en espacios habitables.

### **Recomendaciones**

Una vez se haya decidido implementar accesorios de bajo flujo y bombillas o controles automáticos en una vivienda es necesario evaluar las opciones disponibles y las necesidades a suplir en esta, dado que hay un tipo de accesorio y aparato para cada necesidad, el

catálogo ofrecido por el mercado es amplio y permite la comparación tanto en utilidad como en eficiencia.

Se recomienda a contratistas a cargo de la ejecución y culminación de obras del tipo vivienda de interés prioritario entregar un documento técnico que represente un manual y cartilla de recomendaciones donde se presenten opciones en medidas de ahorro de energía activas al momento de entregar la edificación, especificando los beneficios a largo plazo de este tipo de medidas y aclarando que solo de esta manera se garantiza que la vivienda cumplirá con los criterios de eficiencia diseñados.

### Referencias

ACCIONA. (2017, junio 12). *¿Qué es el Desarrollo Sostenible y los Objetivos Globales?*

<https://www.acciona.com/es/desarrollo-sostenible/>

ACCIONA. (2020, octubre 1). *Ciudades sostenibles.*

<https://www.acciona.com/es/soluciones/ciudades/>

Alchapar, Noelia L., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2014). Classification of building materials used in the urban envelopes according to their capacity for mitigation of the urban heat island in semiarid zones. *Energy and Buildings*, 69, 22-32.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.012>

Alchapar, Noelia Liliana, Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: Potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construido*, 12(3), 107-123. [https://doi.org/10.1590/S1678-](https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300008)

[86212012000300008](https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300008)

ArchDaily Colombia. (2018, noviembre 6). *Biblioteca pública de Bishan / LOOK*

*Architects*. <https://www.archdaily.co/co/904856/biblioteca-publica-de-bishan-look-architects>

Bedoya, C. M. (2015). *Viviendas de Interés Social y Prioritario Sostenibles en Colombia –*

*VISS y VIPS –*. 10.



Betín, T. (2019, junio 17). *Área metropolitana de Barranquilla, quinta en competitividad entre 23 ciudades*. <https://www.elheraldo.co/barranquilla/area-metropolitana-de-barranquilla-quinta-en-competitividad-entre-23-ciudades-642388>

BREEAM Internacional. (2020). *BREEAM® ES*. <https://breeam.es/internacional/>

Características y Ventajas de las Ventanas de Aluminio. (2016, agosto 19). *Metalhome*. <http://metalhome.es/caracteristicas-y-ventajas-de-las-ventanas-de-aluminio/>

Casini, M. (2016). 6—Advanced building skin. En M. Casini (Ed.), *Smart Buildings* (pp. 219-245). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100635-1.00006-X>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2010). *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2018, junio 29). *La primera vivienda sostenible del país certificada en CASA Colombia*. <https://www.cccs.org.co/wp/2018/06/29/la-primera-vivienda-sostenible-del-pais-certificada-en-casa-colombia/>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2020, julio 3). *Acerca del CCCS – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS*. <https://www.cccs.org.co/wp/acerca-del-cccs/>

*Definición de Conductividad Térmica.* (2016). NETZSCH Análisis & Ensayo.

<https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/landing-pages/definicion-de-conductividad-termica/>

Díaz-Duque, J., & Gutiérrez, C. (2013). *Origen del concepto de desarrollo sostenible* (pp. 7-16).

Earthship Biotecture. (2018, septiembre 13). Surface Color & Solar Gain: White is the Greenest Color. *Earthship Biotecture*. <https://earthshipbiotecture.com/surface-color-solar-gain-white-is-the-greenest-color/>

EDGE buildings. (2019, diciembre). *Edificio Biel*. <https://edgebuildings.com/project-studies/edificio-biel/?lang=es&lang=es>

EN CONCRETO. (2009, enero). *EDIFICIO DIRECCIÓN GENERAL BANCOLOMBIA:*

*PROYECTO LEED EN COLOMBIA.*

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/proyectos-en-concreto/edificio-direccion-general-bancolombia-proyecto-leed-en-colombia>

Escallón G., C. (2012). *La vivienda de interés social en Colombia, principios y retos.*

<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n35/n35a11.pdf>

Fundación Laboral de la Construcción. (2020). *Construye 2020 Aislamiento Térmico de Edificios*. <http://construye2020.eu/plataforma-sobre-formacion-profesional/recurso-de-formacion/aislamiento-termico-edificios/descarga>

Harlem, G. (1987a). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.

Harlem, G. (1987b). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.

International Financial Corporation. (2020, agosto 12). *¿Qué es EDGE? | EDGE Buildings*.  
<https://edgebuildings.com/about/about-edge/?lang=es>

## LA CONSTRUCCIÓN ES LA INDUSTRIA QUE MÁS DESPERDICIA AGUA

POTABLE. (2018, septiembre 19). *Revista Vector*.

<http://www.revistavector.com.mx/2018/09/18/la-construccion-es-la-industria-que-mas-desperdicia-agua-potable/>

Malaver Jaramillo, N. P., & Ortiz Esguerra, N. F. (2018). *Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia*. (50) [Universidad La Gran Colombia].

[https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis\\_edificaciones\\_sustentables\\_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis_edificaciones_sustentables_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Manrique, F., Martínez, A., & Ospina, J. (2007). *Crecimiento poblacional y políticas públicas*. 149-162.

Martin. (2020, agosto 11). Sustainable consumption and production. *United Nations Sustainable Development*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>

Moran, M. (2020, junio 17). Ciudades. *Desarrollo Sostenible*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

Muñiz, I., Rojas, C., Busuldu, C., García, A., Filipe, M., & Quintana, M. (2016). Forma urbana y Huella Ecológica en el Área Metropolitana de Concepción (Chile). *EURE (Santiago)*, 42(127), 209-230. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000300009>

MyPerfectColor.com. (s. f.). *Dunn Edwards DE 1035 L1 Trotter Tan Precisely Matched For Paint and Spray Paint*. MyPerfectColor.Com. Recuperado 8 de febrero de 2021, de <https://www.myperfectcolor.com/paint/42148-dunn-edwards-de-1035-11-trotter-tan>

N. Alchapar, M. Sánchez Amono, & E. Correa. (2020). *Sustentabilidad energética urbano-edilicia. Características termo-físicas de tecnologías de techo tradicionales y recicladas*. 35. <http://www.ricuc.cl/index.php/ric>

Naciones Unidas. (2020, febrero 12). Objetivos y metas de desarrollo sostenible.

*Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

Naciones Unidas, A. G. (1948). *Artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos*. <https://www.unidosporlosderechoshumanos.mx/course/lesson/articles-19-25/read-article-25.html>

NOVARTIS. (2017, diciembre 30). *Premios y Reconocimientos / Novartis Andino*.

<https://www.andino.novartis.com/nuestra-comunidad/premios-y-reconocimientos>

Ortiz Forero, W., & BERNAL, W. (2017). *PROPUESTA PARA LA CAPTACIÓN Y USO DE AGUA LLUVIA EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA A PARTIR DE UN MODELO FÍSICO DE RECOLECCIÓN DE AGUA*. [UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA].

[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15502/1/5\\_TRABAJO%20DE%20GRADO..pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15502/1/5_TRABAJO%20DE%20GRADO..pdf)

Susunaga Monroy, J. M. (2014). *CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y PRIORITARIO*. 55.

Tiempo, C. E. E. (2010, agosto 18). *Sede de farmacéutica Novartis en el norte de Bogotá obtiene certificación LEED*. Portafolio.co.

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/sede-farmaceutica-novartis-norte-bogota-obtiene-certificacion-leed-219634>

Unidas, O. A. C. N. N. (2016). *El derecho a una vivienda adecuada; Derechos Humanos*. Folleto informativo No 21. <http://www.ohchr.org>.

United Nations. (2020). *World Population Prospects 2019 - Volume II: Demographic Profiles*. UN. <https://doi.org/10.18356/7707d011-en>

United Nations Development Programme. (2016, noviembre 18). *Goal 11: Sustainable cities and communities*. UNDP.

<https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>

- Uribe Vélez, C. (2012). *MATERIALES Y PRÁCTICAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE*. 104.
- U.S. Green Building Council. (2013, marzo 7). *CONSEJO MUNDIAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PUBLICA IMPORTANTE ESTUDIO SOBRE EL CASO DE NEGOCIO A FAVOR DE LAS EDIFICACIONES SOSTENIBLES A ESCALA GLOBAL*. <https://www.usgbc.org/articles/consejo-mundial-de-construcci%C3%B3n-sostenible-publica-importante-estudio-sobre-el-caso-de-nego>
- U.S. Green Building Council. (2020a, enero 21). *LEED rating system | U.S. Green Building Council*. <https://www.usgbc.org/leed>
- U.S. Green Building Council. (2020b, enero 21). *Why LEED certification | U.S. Green Building Council*. <https://www.usgbc.org/leed/why-leed>
- Veliz, A., & Urquieta, C. (2017). Acondicionamiento ambiental: Edificio Pixel. *Universidad Tecnológica Metropolitana*, 6.
- Villalba, A. M., Monteoliva, J. M., & Pattini, A. E. (2020). Development of a simplified light reflectance value assessment tool for indoor surface coverings. *Indoor and Built Environment*, 1420326X20925138.  
<https://doi.org/10.1177/1420326X20925138>
- Weather Spark. (2020). *Clima promedio en Barranquilla, Colombia, durante todo el año—Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/23451/Clima-promedio-en-Barranquilla-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

