



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**  
**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA MEJORAR LA  
CALIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y BREEAM EN  
CONJUNTOS DE VIVIENDA SOCIAL**

**ELABORADO POR:**

**PÁRRAGA DEL VALLE BRYAN EDUARDO**

**TUTOR (A):**

**ARQ. DOMÍNGUEZ GUTIÉRREZ JACQUELINE, PHD.**

**MANTA – MANABÍ – ECUADOR**

Agosto 2025

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema del proyecto es **“PROPUESTA DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA MEJORAR LA CALIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y BREEAM EN CONJUNTOS DE VIVIENDA SOCIAL”** el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor Párraga Del Valle Bryan Eduardo, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2019(1)-2025(1), quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 9 de septiembre de 2025.

Lo certifico,



---

Arq. Jacqueline Domínguez Gutiérrez PhD.  
C.C. 0960022325  
Docente Tutor(a)

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Yo, Bryan Eduardo Párraga Del Valle con CC: 131383533-0, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema **“PROPUESTA DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA MEJORAR LA CALIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y BREEAM EN CONJUNTOS DE VIVIENDA SOCIAL”** el cual fue dirigido por el tutor, Arq. Jacqueline Domínguez Gutiérrez PhD.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 9 días del mes de septiembre de dos mil veinte y cinco.



Párraga Del Valle Bryan Eduardo  
C.C. 131383533-0  
Autor

## **CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es **“PROPUESTA DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA MEJORAR LA CALIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y BREEAM EN CONJUNTOS DE VIVIENDA SOCIAL”** internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APRUEBO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a salvo disposición de Ley en contrario.

En la ciudad de Manta, a los 9 días del mes de septiembre de dos mil veinte y cinco.

**Ing. Efrén Loor Loor, Mg.**

C.C. 1313157768

Tribunal 1

**Ing. Alexi Morán Guzmán, MSc.**

C.C. 1204318248

Tribunal 2

## **DEDICATORIA**

A mi madre, padre, tíos, abuelos y demás familiares cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en cada paso de este camino. Dedico también este logro a mis compañeros de facultad, quienes han sido parte de esta travesía universitaria. A mis profesores, por compartir con generosidad sus conocimientos y ser guías en la construcción de este objetivo tan anhelado.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a mi familia y amigos, por su constante apoyo, confianza y ánimo durante todo este proceso. Extiendo mi agradecimiento a mi tutora de tesis, Arq. Jacqueline Domínguez Gutiérrez PhD, por su guía, dedicación y valiosos aportes que hicieron posible la culminación de este trabajo.

## RESUMEN

En el sector del desarrollo urbano, la sostenibilidad se ha convertido en un criterio fundamental para la planificación y construcción de edificaciones, incluyendo aquellas destinadas a viviendas de interés social. A pesar de los avances en la implementación de normativas ambientales, los proyectos de vivienda social aún enfrentan desafíos significativos para cumplir con los estándares internacionales de sostenibilidad establecidos por las principales certificaciones. Estos sistemas de evaluación, aunque inicialmente orientados a edificaciones de alto presupuesto, han empezado a adaptarse para ser aplicables a contextos con recursos limitados, como es el caso de los conjuntos habitacionales promovidos por instituciones públicas en América Latina.

Esta investigación se enfocó en proponer estrategias sostenibles que mejoren la calificación en las certificaciones sostenibles aplicadas a conjuntos de vivienda social, tomando como caso de estudio el proyecto “Sí Vivienda” en la ciudad de Manta, Ecuador. Se realizó una comparación entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE para identificar sus diferencias y semejanzas claves y su aplicabilidad en contextos de vivienda social. Posteriormente, se analizaron las puntuaciones obtenidas por el conjunto habitacional “Si Vivienda” en diversas categorías de sostenibilidad, lo que permitió identificar los aspectos con menor y mayor deficiencia. Finalmente, se propusieron estrategias específicas orientadas a mejorar el desempeño ambiental del proyecto. Los resultados evidencian que, mediante la aplicación de estas estrategias, es posible optimizar significativamente el cumplimiento de los estándares de sostenibilidad en proyectos de viviendas de interés social.

**Palabras claves:** Sostenibilidad, certificaciones sostenibles, viviendas de interés social, estrategias sostenibles.

## ABSTRACT

In the field of urban development, sustainability has become a key criterion for the planning and construction of buildings, including those intended for social housing. Despite advances in the implementation of environmental regulations, social housing projects still face significant challenges in meeting the international sustainability standards set by major certification systems. Although these evaluation systems were initially designed for high-budget buildings, they have begun to adapt to contexts with limited resources, such as housing complexes promoted by public institutions in Latin America.

This research focuses on proposing sustainable strategies to improve the rating in sustainable certifications applied to social housing complexes, using the "Sí Vivienda" project in the city of Manta, Ecuador, as a case study. A comparison between LEED, BREEAM, and EDGE certifications was carried out to identify their key differences and similarities, as well as their applicability in social housing contexts. Subsequently, the scores obtained by the "Sí Vivienda" housing complex in various sustainability categories were analyzed, allowing for the identification of areas with the greatest and least deficiencies. Finally, specific strategies aimed at improving the project's environmental performance were proposed. The results show that, through the application of these strategies, it is possible to significantly optimize compliance with sustainability standards in social housing projects.

**Keywords:** Sustainability, sustainable certifications, social housing, sustainable strategies.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO I .....   | 1  |
| 1.1. Introducción .....  | 1  |
| 1.2. Planteamiento del Problema.....   | 2  |
| 1.3. Objetivos .....   | 3  |
| 1.3.1. Objetivo General.....   | 3  |
| 1.3.2. Objetivos Específicos.....  | 3  |
| 1.4. Justificación.....  | 4  |
| CAPITULO II.....   | 5  |
| 2. MARCO TEÓRICO .....   | 5  |
| 2.1. Sostenibilidad.....   | 5  |
| 2.2. Historia de la Sostenibilidad .....   | 5  |
| 2.3. Introducción a la sostenibilidad en la construcción .....                               | 7  |
| 2.3.1. Definición de sostenibilidad en construcción .....                                    | 7  |
| 2.3.2. Huella Ambiental .....  | 8  |
| 2.3.3. Principios de Construcción Sostenible.....  | 8  |
| 2.3.3.1. Eficiencia energética.....  | 9  |
| 2.3.3.2. Eficiencia en el uso del agua .....   | 9  |
| 2.3.3.3. Uso sostenible de materiales.....   | 9  |
| 2.3.3.4. Reducción de residuos y minimización de la Huella Ambiental.....                    | 9  |
| 2.4. Certificaciones sostenibles y sus sistemas de evaluación y certificación ambiental..... | 10 |
| 2.4.1. Definición de construcciones sostenibles .....  | 11 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.5.     | Certificación LEED.....   | 14 |
| 2.5.1.   | Historia y evolución de LEED.....   | 14 |
| 2.5.2.   | Criterios y categorías de la certificación LEED .....                       | 17 |
| 2.5.2.1. | LEED para Diseño y Construcción de Edificios (BD+C).....                    | 17 |
| 2.5.2.2. | LEED para Diseño y Construcción de Interiores (ID+C).....                   | 18 |
| 2.5.2.3. | LEED para Operaciones y Mantenimiento de Edificios (O+M).....               | 18 |
| 2.5.2.4. | LEED para Desarrollo de Vecindarios (ND).....                               | 18 |
| 2.5.3.   | Calificación de la certificación LEED .....                                 | 21 |
| 2.6.     | Certificación BREEAM .....  | 21 |
| 2.6.1.   | Historia y evolución de BREEAM .....  | 21 |
| 2.6.2.   | Criterios y categorías de la certificación BREEAM.....                      | 23 |
| 2.6.3.   | Calificación de la certificación BREEAM.....                                | 25 |
| 2.7.     | Certificación EDGE .....  | 26 |
| 2.7.1.   | Historia y evolución de la certificación EDGE.....                          | 27 |
| 2.7.2.   | Criterios de evaluación y categorías de la certificación EDGE.....          | 27 |
| 2.7.3.   | Proceso de la Certificación EDGE.....                                       | 28 |
| 2.8.     | Impactos de las certificaciones en conjuntos de vivienda social .....       | 29 |
| 2.8.1.   | Beneficios de la certificación en viviendas sociales.....                   | 29 |
| 2.8.2.   | Desafíos para alcanzar certificaciones en viviendas de interés social ..... | 30 |
| 2.8.3.   | Limitaciones financieras y tecnológicas: .....                              | 31 |
| 2.8.4.   | Barreras regulatorias y operativas.....                                     | 31 |
| 2.9.     | Aplicación de las certificaciones en conjuntos de vivienda social.....      | 32 |
| 2.9.1.   | Aplicación de la certificación LEED en conjuntos de vivienda social.....    | 32 |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| 2.9.1.1.          | LEED Para casas (For Home) .....   | 32 |
| 2.9.2.            | Aplicación de la certificación BREEAM en conjuntos de vivienda social. ....        | 33 |
| 2.9.3.            | Aplicación de la certificación EDGE en conjuntos de vivienda social. ....          | 34 |
| 2.10.             | Estrategias sostenibles para mejorar el desempeño en LEED, BREEAM y EDGE....       | 35 |
| 2.10.1.           | Eficiencia energética en viviendas sociales .....                                  | 35 |
| 2.10.1.1.         | Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) eficientes.<br>35 |    |
| 2.10.1.2.         | Materiales aislantes.....  | 37 |
| 2.10.1.3.         | Ventilación mecánica.....  | 37 |
| 2.10.1.4.         | Enfriadores evaporativos .....   | 38 |
| 2.10.1.5.         | Pisos radiantes.....   | 38 |
| 2.10.1.6.         | Pinturas/recubrimientos de baja emisividad .....                                   | 39 |
| 2.10.1.7.         | Ventilación natural.....   | 39 |
| 2.10.1.8.         | Efecto invernadero .....   | 40 |
| 2.10.1.9.         | Muro Trombe .....  | 41 |
| 2.10.2.           | Gestión del agua y recursos naturales .....  | 43 |
| 2.10.2.1.         | Tecnología de ahorro de aguas en viviendas .....                                   | 43 |
| 2.10.2.2.         | Perlizadores.....  | 44 |
| 2.10.2.3.         | Obturadores.....   | 44 |
| 2.10.2.4.         | Duchas.....  | 44 |
| 2.10.2.5.         | Inodoro.....   | 45 |
| 2.10.2.6.         | Recolección de aguas pluviales y reutilización. ....                               | 45 |
| CAPÍTULO III..... |  | 50 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3.       | MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 50 |
| 3.1.     | Enfoque de la investigación .....  | 50 |
| 3.2.     | Tipo de investigación .....  | 50 |
| 3.3.     | Método de recopilación de datos.....   | 51 |
| 3.4.     | Técnicas de recopilación de datos .....  | 51 |
| 3.5.     | Caso de estudio.....   | 52 |
| 3.5.1.   | Información general .....  | 52 |
| 3.5.2.   | Ubicación geográfica .....   | 52 |
| 3.6.     | Procedimiento para la comparación entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE  |    |
|          | 53   |    |
| 3.6.1.   | Identificación de certificaciones relevantes .....   | 53 |
| 3.6.2.   | Recolección de información técnica oficial .....   | 53 |
| 3.6.3.   | Definición de los parámetros comparativos.....   | 54 |
| 3.6.4.   | Construcción de tablas de cotejo.....  | 54 |
| 3.6.4.1. | Ámbito de aplicación.....  | 54 |
| 3.6.4.2. | Metodología de evaluación.....   | 55 |
| 3.6.4.3. | Niveles de certificación .....   | 55 |
| 3.6.4.4. | Criterios de evaluación .....  | 55 |
| 3.6.4.5. | Beneficios .....   | 55 |
| 3.6.4.6. | Costos y accesibilidad .....   | 55 |
| 3.6.5.   | Redacción de conclusiones parciales del procedimiento de comparación entre las certificaciones (LEED, BREEAM, y EDGE)..... | 56 |

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| 3.7.             | Procedimiento para la comparación de puntuaciones de las certificaciones LEED y BREEAM en diversas categorías de sostenibilidad del proyecto Si Vivienda – Manta..... | 56 |
| 3.7.1.           | Selección del caso de estudio.....  | 56 |
| 3.7.2.           | Revisión de resultados previos del proyecto.....  | 57 |
| 3.7.3.           | Organización de la información en tablas comparativas. ....   | 57 |
| 3.7.4.           | Análisis de correspondencia entre categorías .....  | 57 |
| 3.7.5.           | Identificación de fortalezas y debilidades del proyecto .....   | 58 |
| 3.7.6.           | Síntesis del apartado de resultados .....   | 58 |
| 3.8.             | Procedimiento para la elaboración de las propuestas y estrategias sostenibles .....   | 58 |
| 3.8.1.           | Identificación de categorías con menor puntuación.....  | 58 |
| 3.8.2.           | Análisis de la factibilidad de implementación en vivienda social .....  | 59 |
| 3.8.3.           | Elaboración de propuestas técnicas específicas.....   | 59 |
| 3.8.3.1.         | Energía y Atmósfera.....  | 59 |
| 3.8.3.2.         | Salud y Bienestar.....  | 59 |
| 3.8.3.3.         | Materiales y Recursos.....  | 59 |
| 3.8.3.4.         | Uso y Gestión del Agua.....   | 60 |
| 3.8.3.5.         | Gestión.....  | 60 |
| 3.8.3.6.         | Gestión de Residuos .....   | 60 |
| 3.8.3.7.         | Localización y Transporte .....   | 60 |
| 3.8.4.           | Redacción del tercer apartado de resultados.....  | 60 |
| CAPITULO IV..... |   | 61 |
| 4.               | ANÁLISIS Y RESULTADOS .....   | 61 |
| 4.1.             | Comparación entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE.....  | 61 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.1.1.   | Cuadros Comparativos de Certificaciones Sostenibles: LEED, BREEAM y EDGE   |    |
|          |  | 61 |
| 4.1.1.1. | Ámbito de aplicación.....  | 62 |
| 4.1.1.2. | Metodología de evaluación.....   | 63 |
| 4.1.1.3. | Niveles de certificación .....   | 64 |
| 4.1.1.4. | Criterios de evaluación .....  | 65 |
| 4.1.1.5. | Beneficios .....   | 67 |
| 4.1.1.6. | Costo y accesibilidad.....   | 68 |
| 4.1.2.   | Resumen conclusivo de la comparación entre LEED, BREEAM y EDGE .....   | 70 |
| 4.2.     | Resultados de la evaluación del conjunto habitacional “Si Vivienda” Manta. ....  | 71 |
| 4.2.1.   | Análisis de los resultados de la evaluación del conjunto habitacional .....  | 71 |
| 4.2.2.   | Comparación de puntuaciones de las certificaciones LEED y BREEAM en diversas categorías de sostenibilidad para el proyecto Si Vivienda de la ciudad de Manta. .... | 72 |
| 4.2.3.   | Análisis de los resultados conseguidos.....  | 73 |
| 4.2.3.1. | Energía y Atmósfera.....   | 73 |
| 4.2.3.2. | Salud y Bienestar .....  | 73 |
| 4.2.3.3. | Materiales y Recursos.....   | 73 |
| 4.2.3.4. | Uso y Gestión del Agua.....  | 73 |
| 4.2.3.5. | Gestión.....   | 73 |
| 4.2.3.6. | Gestión de Residuos .....  | 74 |
| 4.2.3.7. | Localización y Transporte .....  | 74 |
| 4.2.4.   | Análisis de las categorías con menor y mayor puntuación y sus causas. ....   | 74 |
| 4.3.     | Propuestas y estrategias sostenibles .....   | 75 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 4.3.1. Energía y Atmósfera .....      | 76 |
| 4.3.2. Salud y Bienestar .....        | 76 |
| 4.3.3. Materiales y Recursos .....    | 77 |
| 4.3.4. Uso y Gestión del Agua .....   | 77 |
| 4.3.5. Gestión .....                  | 77 |
| 4.3.6. Gestión de Residuos.....       | 78 |
| 4.3.7. Localización y Transporte..... | 78 |
| CAPITULO V.....                       | 79 |
| 5. CONCLUSIONES .....                 | 79 |
| 5.1. RECOMENDACIONES .....            | 82 |
| 6. Bibliografía .....                 | 83 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| <b>Tabla 1</b> | Enfoque general de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....              | 61 |
| <b>Tabla 2</b> | Ámbito de aplicación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....         | 62 |
| <b>Tabla 3</b> | Metodología de la evaluación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE ..... | 63 |
| <b>Tabla 4</b> | Niveles de certificación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....     | 65 |
| <b>Tabla 5</b> | Criterios de evaluación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....      | 66 |
| <b>Tabla 6</b> | Beneficios de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....                   | 67 |
| <b>Tabla 7</b> | Costo y accesibilidad de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE .....        | 69 |
| <b>Tabla 8</b> | Categorías con su puntuación promedio y consideración.....                    | 74 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Ventilación natural con base en el viento y en el efecto chimenea.....                     | 40 |
| <b>Figura 2</b> Muro Trombe, funcionamiento en verano.....   | 42 |
| <b>Figura 3</b> Muro Trombe, funcionamiento en invierno, período diurno.....                               | 42 |
| <b>Figura 4</b> Diseño optimizador de captación y almacenamiento del agua de lluvia.....                   | 47 |
| <b>Figura 5</b> Ubicación de la urbanización "Si Vivienda" .....   | 52 |
| <b>Figura 6</b> Comparación de las puntuaciones de Certificaciones LEED y BREEAM en "Si<br>Vivienda" ..... | 72 |

## CAPITULO I

### 1.1. Introducción

En la actualidad, el desarrollo urbano enfrenta el desafío de satisfacer la creciente demanda de viviendas sin comprometer los recursos naturales ni el bienestar de las futuras generaciones. De esta manera, la sostenibilidad se ha convertido en un punto primordial para la planificación, diseño y ejecución de proyectos habitacionales, incluyendo los conjuntos de viviendas de interés social. Las certificaciones sostenibles, como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), han surgido como herramientas clave para evaluar y promover el desempeño ambiental de edificaciones en diversas etapas de su ciclo de vida.

Sin embargo, estas certificaciones fueron diseñadas inicialmente para edificios comerciales o residenciales de alto presupuesto, lo que ha limitado su aplicabilidad en proyectos de vivienda social, especialmente en países en vías de desarrollo. A pesar de ello, en años recientes se ha evidenciado un creciente interés por adaptar estas herramientas a contextos más justos, reconociendo que los beneficios de la sostenibilidad como; el ahorro energético, la eficiencia en el uso del agua, la mejora del confort térmico y la reducción de emisiones, son igualmente de relevantes para las viviendas de interés social.

En Ecuador, la necesidad de integrar criterios sostenibles en la construcción de viviendas de interés social es una prioridad no solo ambiental, sino también social y económica. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en el análisis de las certificaciones sostenibles aplicadas a conjuntos habitacionales, tomando como caso de estudio el proyecto “Sí Vivienda” ubicado en la ciudad de Manta.

A través de una evaluación comparativa entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE, así como del análisis de los resultados obtenidos por este conjunto en distintas categorías de sostenibilidad, se busca proponer estrategias concretas que permitan mejorar su calificación, demostrando que es posible alcanzar estándares internacionales aun dentro de contextos con recursos limitados.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Según Acosta (2011), abordar los problemas que afectan nuestra calidad de vida hoy en día requiere que modifiquemos la forma en que interactuamos con el medio ambiente. La clave es hacerlo de una manera que no perjudique la capacidad de las futuras generaciones para enfrentar sus propios desafíos.

La crisis ambiental global ha impulsado la necesidad de transformar los modelos tradicionales de construcción hacia esquemas más sostenibles que reduzcan el impacto ambiental de las edificaciones y mejoren la calidad de vida de sus ocupantes. En este contexto, han surgido diversas certificaciones que permiten evaluar el desempeño ambiental de los proyectos arquitectónicos, siendo LEED, BREEAM y EDGE algunas de las más reconocidas a nivel internacional. Sin embargo, la implementación de estos estándares en proyectos de vivienda de interés social sigue siendo limitada, debido principalmente a la falta de presupuestos, la falta de conocimiento técnico especializado y la escasa adaptación de los criterios a contextos de países en desarrollo.

En Ecuador, se han desarrollado conjuntos habitacionales que, si bien cumplen con la función de proporcionar una solución habitacional, presentan deficiencias en cuanto al ahorro

energético, la eficiencia en el uso del agua, la mejora del confort térmico y la reducción de emisiones.

El proyecto “Sí Vivienda”, ubicado en la ciudad de Manta, constituye un claro ejemplo de este tipo de desarrollos. Si bien cuenta con un enfoque social relevante, no ha alcanzado una alta calificación en las certificaciones LEED y BREEAM, lo cual evidencia la necesidad de identificar los puntos críticos que afectan su desempeño sostenible. A partir de ello, surge la interrogante: ¿Qué estrategias sostenibles pueden implementarse en conjuntos de vivienda social como “Sí Vivienda” para mejorar su calificación en certificaciones internacionales como LEED y BREEAM?

Este trabajo busca dar respuesta a esta problemática mediante un análisis de los criterios de evaluación de dichas certificaciones, el diagnóstico del caso de estudio y la propuesta de soluciones factibles que contribuyan a plasmar la sostenibilidad en las viviendas de interés social, convirtiendo los principios sostenibles en una realidad práctica y económica.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

Proponer estrategias sostenibles viables que permitan mejorar la calificación de las certificaciones de sostenibilidad alcanzadas por los conjuntos de vivienda de interés social, considerando criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Estudiar la situación actual de la aplicación de certificaciones sostenibles en conjuntos de vivienda de interés social, con el fin de identificar oportunidades de mejora en su implementación dentro de este tipo de edificaciones.

- Analizar las principales certificaciones (LEED, BREEAM y EDGE) aplicadas en la evaluación de conjuntos de viviendas social.
- Analizar los resultados obtenidos en la evaluación del conjunto habitacional Urbanización “Si Vivienda” de la ciudad de Manta, frente a los criterios establecidos por las certificaciones LEED y BREEAM.

#### **1.4. Justificación**

El presente estudio es adecuado porque aborda una problemática real que afecta al desarrollo urbanístico sostenible en sectores vulnerables como las viviendas de interés social. En este caso, el análisis del conjunto habitacional “Sí Vivienda” en la ciudad de Manta permite visibilizar las limitaciones que enfrentan estos proyectos para cumplir con los estándares internacionales de sostenibilidad. A través de una evaluación comparativa, la investigación identifica los principales puntos débiles en el desempeño ambiental del conjunto y plantea estrategias viables para su mejora.

El aporte de esta investigación radica en ofrecer una guía práctica que permita a instituciones públicas, promotores de vivienda y profesionales del sector incorporar criterios sostenibles en estos tipos de proyectos, sin comprometer su viabilidad económica. De igual manera, contribuye al desarrollo de políticas habitacionales más integrales.

Por lo tanto, este trabajo no solo tiene relevancia académica, sino que también contribuye a generar un impacto directo en el diseño de viviendas de interés social más responsables con el medio ambiente y socialmente justas.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Sostenibilidad

Según Pérez, la sostenibilidad se entiende como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer las suyas. Este concepto implica una visión integradora en la que se busca un equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y ambientales del desarrollo humano, garantizando así la conservación de los recursos naturales a largo plazo (Saez Perez, 2010).

Así mismo Gudynas nos dice que la sostenibilidad no debe limitarse únicamente al mantenimiento de los recursos naturales, sino que debe considerarse como una nueva forma de relación entre la sociedad y la naturaleza. Esta visión incorpora aspectos éticos, culturales y políticos, estableciendo que el desarrollo sostenible exige transformaciones profundas en las formas de producción, consumo y organización social (Gudynas, 2004).

#### 2.2. Historia de la Sostenibilidad

La sostenibilidad no es un concepto nuevo para la humanidad. A lo largo de la historia, distintas civilizaciones han comprendido la importancia de conservar los recursos naturales para las generaciones futuras. Por ejemplo, en la Edad Media era común que los bosques se gestionaran de manera comunitaria. Más adelante, con el descubrimiento del carbón, los alemanes adoptaron prácticas sostenibles para la explotación de la madera (García, 2000).

En tiempos más recientes, la preocupación por la sostenibilidad cobró fuerza con la publicación del Primer Informe del Club de Roma, que alertaba sobre la imposibilidad de mantener un crecimiento económico ilimitado. Este informe, titulado Los límites del crecimiento

y publicado en 1971, introdujo la idea de un crecimiento cero y motivó la búsqueda de un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente (Weisacker, 1986).

Fue en este contexto que surgió el concepto de ecodesarrollo, presentado por Maurice Strong en una reunión del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y más adelante desarrollado por Ignacy Sachs. Esta noción incorporaba ya objetivos de justicia social mediante la redistribución de la riqueza, el reconocimiento de los límites ecológicos del crecimiento y la aspiración a un sistema económico más eficiente y solidario a lo largo del tiempo (Sach, 1991).

El término "sustentabilidad" fue introducido oficialmente en la Declaración de Cocoyoc, durante una reunión organizada por las Naciones Unidas en México en 1974. Posteriormente, fue adoptado en 1980 por la Estrategia Mundial de la Conservación elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD), en 1986, fue la encargada de consolidar, desarrollar y difundir a nivel global el concepto de desarrollo sostenible. Etimológicamente, el término proviene del latín "sustinere", que significa "sostener, mantener o sustentar". Sin embargo, la influencia del término inglés "sustainable" introdujo también matices como "soportar o tolerar", lo cual contribuyó a que se popularizara el uso del adjetivo "sostenible" en lugar de "sustentable" (García, 2000).

La evolución del concepto de sostenibilidad puede dividirse en tres etapas principales. La primera se caracteriza por una creciente toma de conciencia sobre la degradación del medio ambiente, abordada principalmente desde perspectivas propias de las ciencias naturales y centrada en los aspectos físico y naturales del entorno. Durante la segunda etapa, el enfoque se

traslada hacia la conservación de los recursos naturales y la protección del entorno natural, consolidando la idea de que estos elementos deben preservarse para el futuro. Finalmente, en la tercera etapa surge el enfoque del desarrollo humano sostenible, el cual incorpora una visión más amplia e integral. Aquí se reconoce la estrecha relación entre el ser humano y el medio ambiente, considerando dimensiones culturales, sociales, económicas y políticas. Además, se establece la interdependencia entre el desarrollo y la sostenibilidad ambiental, así como la necesidad no solo de utilizar racionalmente los recursos, sino también de garantizar su distribución equitativa (Saura Calixto & Hernandez Prados, 2008).

## **2.3. Introducción a la sostenibilidad en la construcción**

### **2.3.1. Definición de sostenibilidad en construcción**

Según Elkington, la sostenibilidad en la construcción se refiere a la integración de principios ambientales, sociales y económicos en los procesos de diseño, construcción y operación de los edificios, asegurando que estos sean eficientes y respetuosos con el medio ambiente, al mismo tiempo que promueven el bienestar social y la viabilidad económica (Elkington, 1997).

Por su parte, Ding, abarca que la sostenibilidad en la construcción se refiere a la implementación de prácticas que no solo sean ecológicamente responsables, sino también económicamente viables y socialmente aceptables, lo que implica un equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación del medio ambiente (Ding, 2008).

La sostenibilidad en la construcción abarca un enfoque integral y multidimensional que busca optimizar el uso de recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de los usuarios. Este enfoque implica diseñar, construir y operar edificaciones

que sean energéticamente eficientes, gestionen de manera responsable el uso del agua, reduzcan al máximo la generación de residuos y empleen materiales reciclados o de origen renovable.

Además, la sostenibilidad en la construcción no solo se limita a aspectos ambientales, sino que también aboga por el bienestar social y económico, promoviendo espacios saludables y confortables para sus ocupantes y asegurando que el proceso de construcción y su operación sean económicamente viables. Todo esto con el fin de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones, contribuyendo así a un desarrollo equilibrado y responsable a largo plazo.

### ***2.3.2. Huella Ambiental***

De acuerdo con Gibberd, La huella ambiental es un indicador clave en la construcción sostenible, ya que mide los impactos generados por las actividades humanas sobre el medio ambiente. En el sector de la edificación, este concepto abarca aspectos como el consumo de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero durante todo el ciclo de vida del edificio, desde su construcción hasta su demolición. Reducir la huella ambiental implica implementar estrategias como la eficiencia energética, el uso de materiales reciclados y la adopción de tecnologías limpias que minimicen el impacto ecológico (Gibberd, 2008).

### ***2.3.3. Principios de Construcción Sostenible***

La construcción sostenible se basa en principios que priorizan el equilibrio entre las necesidades humanas y la capacidad regenerativa del medio ambiente. Estos principios incluyen la reducción de la huella ambiental, la eficiencia energética, hídrica y el diseño de edificios que respeten los ecosistemas circundantes. Además, busca fomentar prácticas responsables en todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones (Edwards, 2014).

### **2.3.3.1. Eficiencia energética**

La eficiencia energética implica diseñar y construir edificios que requieran menos energía para operar, mediante estrategias como el aislamiento térmico, el uso de tecnologías de bajo consumo y la incorporación de energías renovables, como la solar o eólica (Naboni, 2013).

### **2.3.3.2. Eficiencia en el uso del agua**

Este principio se centra en el uso racional del agua a lo largo del ciclo de vida de un edificio, promoviendo técnicas como la recolección de aguas pluviales, el uso de sistemas de reutilización de aguas grises y la instalación de dispositivos de bajo consumo de agua (Bowen, 1997).

### **2.3.3.3. Uso sostenible de materiales**

La selección de materiales en la construcción sostenible favorece aquellos que son reciclables, de origen renovable o con bajas emisiones de carbono, así como materiales locales que reducen la huella de transporte (Kilbert, 2016).

### **2.3.3.4. Reducción de residuos y minimización de la Huella Ambiental**

La reducción de residuos implica la gestión eficiente de los desechos generados durante el ciclo de vida de una edificación, desde la construcción hasta la operación y demolición. Esto incluye el reciclaje, la reutilización de materiales y la minimización de residuos enviados a vertederos. La minimización de la huella ecológica busca reducir el impacto ambiental general de los edificios, tanto en términos de emisiones de carbono como en el uso de recursos naturales (Kilbert, 2016).

Los principios de la construcción sostenible se fundamentan en la implementación de prácticas que garantizan la eficiencia en el uso de recursos, la preservación del medio ambiente y la promoción del bienestar social y económico de los ocupantes de un edificio. Estos principios

abordan la optimización del consumo energético mediante el uso de fuentes renovables, como la energía solar o eólica, y la incorporación de tecnologías que mejoran la eficiencia energética, como el aislamiento térmico avanzado y los sistemas de climatización de bajo consumo. También incluyen la gestión eficiente del agua, lo que implica el uso de sistemas de recolección de aguas pluviales, la reutilización de aguas grises y la instalación de dispositivos de bajo consumo para reducir el desperdicio de agua.

En cuanto a los materiales, la construcción sostenible fomenta el uso de aquellos que sean reciclables, de origen renovable o que generen una baja huella de carbono durante su producción, priorizando el uso de recursos locales para minimizar el impacto ambiental asociado al transporte. Otro aspecto crucial es la gestión de residuos, que busca reducir la cantidad de desechos generados durante la construcción, operación y eventual demolición del edificio, promoviendo la reutilización y el reciclaje de materiales.

En cuanto a los materiales, la construcción sostenible fomenta el uso de aquellos que sean reciclables, de origen renovable o que generen una baja huella de carbono durante su producción, priorizando el uso de recursos locales para minimizar el impacto ambiental asociado al transporte. Otro aspecto crucial es la gestión de residuos, que busca reducir la cantidad de desechos generados durante la construcción, operación y eventual demolición del edificio, promoviendo la reutilización y el reciclaje de materiales.

#### **2.4. Certificaciones sostenibles y sus sistemas de evaluación y certificación ambiental**

Los edificios sostenibles se están volviendo una realidad cada vez más frecuente en las ciudades a nivel global. Con el objetivo de proteger el medio ambiente y controlar las emisiones de CO<sub>2</sub>, han surgido diversas certificaciones que orientan la construcción hacia la reducción de

los impactos ambientales tanto en la fase de edificación como en su uso posterior. En este contexto, arquitectos, urbanistas y constructores enfrentan la responsabilidad ética de diseñar proyectos que integren prácticas sostenibles.

Para abordar de manera más precisa el tema de las certificaciones sostenibles, es esencial comprender su definición y alcance:

#### ***2.4.1. Definición de construcciones sostenibles***

Según Bowen (1997), las certificaciones sostenibles son herramientas que permiten a los desarrolladores y constructores evaluar la sostenibilidad de un edificio, incentivando la adopción de prácticas que promuevan el uso eficiente de recursos, la reducción de residuos y la creación de entornos construidos que sean sostenibles a largo plazo.

Las certificaciones sostenibles son sistemas diseñados para evaluar y calificar el desempeño ambiental de los edificios en función de criterios establecidos, como la eficiencia energética, la gestión del agua y la minimización del impacto en el entorno construido (Larsson, 2002).

Estas certificaciones se enfocan en evaluar el impacto ambiental de los edificios desde su diseño hasta su operación, abarcando aspectos como la eficiencia energética, la gestión de residuos y el bienestar de los ocupantes, con el objetivo de lograr un desarrollo más sostenible (al, 2017).

Las certificaciones sostenibles en la construcción son sistemas de evaluación que establecen estándares específicos para medir el desempeño ambiental de los edificios durante todo su ciclo de vida, desde su diseño hasta su operación. Estas certificaciones buscan promover la eficiencia en el uso de energía, agua y materiales, la gestión adecuada de residuos y la minimización del impacto ambiental. Además, fomentan el bienestar de los usuarios a través de

entornos saludables y confortables. Al incentivar la adopción de prácticas responsables, estas certificaciones no solo contribuyen a reducir la huella ecológica, sino que también impulsan el desarrollo de edificaciones que sean socialmente beneficiosas y económicamente viables, alineando la sostenibilidad con el progreso urbano y arquitectónico.

Ante la creciente necesidad de evaluar los edificios en términos de sostenibilidad, se han desarrollado sistemas de certificación en distintas regiones del mundo. Estos sistemas, en su mayoría, miden el desempeño de los edificios considerando factores como la eficiencia energética, el uso eficiente del agua, la selección de materiales, la ubicación del proyecto y la calidad del aire interior.

El (WORLD GREEN BUILDING COUNCIL, s.f.). Consejo Mundial de Construcción Sostenible, reconoce varias certificaciones que se utilizan a nivel mundial para evaluar la sostenibilidad en edificaciones. Las más destacadas son:

**LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):** Esta certificación, desarrollada por el US Green Building Council (USGBC), es una de las más reconocidas a nivel mundial. Evalúa aspectos como eficiencia energética, uso de materiales sostenibles, calidad del aire interior y gestión del agua.

**BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method):** Originada en el Reino Unido, es una de las certificaciones más antiguas y evalúa el impacto ambiental de los edificios en áreas como eficiencia energética, salud y bienestar, transporte, uso de recursos y gestión de residuos.

**EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies):** Creada por la Corporación Financiera Internacional (IFC), esta certificación se enfoca en construcciones eficientes en energía, agua y materiales, con un enfoque accesible para mercados en desarrollo.

**DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen):** Sistema alemán que considera criterios como eficiencia energética, impacto ambiental, bienestar de los usuarios y viabilidad económica a lo largo del ciclo de vida del edificio.

**Green Star:** Certificación australiana que evalúa el diseño, construcción y operación de edificios, centrándose en eficiencia energética, calidad del ambiente interior, materiales y gestión de residuos.

**CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency):** Desarrollada en Japón, esta certificación evalúa la eficiencia ambiental, la reducción de cargas medioambientales y la mejora de la calidad del entorno interior y exterior.

**WELL Building Standard:** Esta certificación, gestionada por el International WELL Building Institute (IWBI), se enfoca principalmente en la salud y el bienestar de los ocupantes, considerando factores como la calidad del aire, la luz, el confort térmico y el acceso a recursos naturales.

Las certificaciones sostenibles, reconocidas a nivel mundial por organismos como el Consejo Mundial de Construcción Sostenible, han emergido como herramientas clave para impulsar la sostenibilidad en la industria de la construcción. Estas certificaciones, como LEED, BREEAM, y EDGE, no solo establecen estándares claros para evaluar la eficiencia energética, el uso de agua, la selección de materiales y la calidad del ambiente interior, sino que también fomentan prácticas que minimizan el impacto ambiental y promueven el bienestar de los ocupantes. A través de sistemas de evaluación rigurosos, se incentiva a los desarrolladores, arquitectos y urbanistas a diseñar y construir edificaciones que no solo sean eficientes en el uso de recursos, sino que también sean saludables, cómodas y económicamente viables.

El papel de estas certificaciones no se limita únicamente a reducir el impacto ambiental de los edificios, sino que ayuda a las ciudades a adaptarse a los desafíos ambientales actuales, como el cambio climático y la escasez de recursos. Además, al proporcionar un marco estandarizado y un conjunto de criterios verificables, las certificaciones sostenibles aseguran la transparencia y confiabilidad en el desempeño ambiental de los edificios, lo que a su vez impulsa la competitividad en el mercado inmobiliario y promueve una economía más saludable con el medio ambiente.

## **2.5. Certificación LEED**

### ***2.5.1. Historia y evolución de LEED***

De acuerdo con Rojas (2011), a lo largo de la década de 1990, se hizo evidente la necesidad de optimizar los sistemas de construcción, priorizando no solo la eficiencia de los edificios, sino también su impacto en las personas y el medio ambiente. Esta nueva perspectiva reconoció que el diseño y la operación de las edificaciones podían desempeñar un papel crucial en la mejora de la calidad de vida y en la reducción de los impactos negativos sobre el entorno natural. Como respuesta a esta necesidad, en 1993 se fundó el U.S. Green Building Council (USGBC), con la colaboración de representantes de 60 empresas y diversas organizaciones sin fines de lucro, con el fin de establecer un sistema que promoviera la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Así nació la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), una metodología que busca evaluar y calificar los edificios en función de su eficiencia energética, la gestión del agua, el uso de materiales sostenibles y la calidad del aire interior.

El objetivo inicial de LEED era proporcionar a los desarrolladores y operadores de edificios un conjunto de herramientas que les permitieran diseñar, construir y gestionar proyectos que fuesen tanto ambientalmente responsables como económicamente viables. Para probar la efectividad de esta certificación, en 1998 se lanzó un programa piloto que incluyó 19 proyectos. El éxito de esta fase piloto llevó a su lanzamiento oficial en el año 2000, lo que marcó el inicio de una adopción más amplia de los principios de construcción sostenible en Estados Unidos y, posteriormente, en todo el mundo (U.S. Green Building Council, s.f.).

A lo largo de los años, el sistema LEED continuó evolucionando. En 2004, logró un hito significativo al certificar su edificio número 100. Con el propósito de mejorar la precisión y la transparencia de la evaluación, en 2009 se introdujeron por primera vez criterios científicos más rigurosos para asignar los valores de los créditos, lo que fortaleció la credibilidad del sistema. Ese mismo año, el USGBC trasladó sus oficinas a un edificio con certificación LEED Platinum, demostrando su compromiso con los principios que promovía. Para el año 2010, la Green Business Certification Inc. (GBCI) había logrado certificar 5,000 proyectos a nivel global, consolidando a LEED como uno de los estándares de sostenibilidad más influyentes (U.S. Green Building Council, s.f.).

Con el paso del tiempo, la necesidad de adaptarse a nuevas tecnologías y desafíos ambientales llevó a una serie de actualizaciones significativas en 2015, con el objetivo de aumentar la flexibilidad del sistema y simplificar los procesos de documentación. Estas modificaciones permitieron a más desarrolladores optar por la certificación, haciendo que los principios de sostenibilidad fueran más accesibles (U.S. Green Building Council, s.f.).

En la actualidad, la misión del USGBC se enfoca en transformar la manera en la que se diseñan, construyen y operan los edificios a nivel global. Su filosofía se resume en la creencia de

que cada persona merece vivir en un entorno más saludable y sostenible, lo que refleja su compromiso con la creación de espacios que no solo minimicen el impacto ambiental, sino que también optimicen el bienestar de sus ocupantes. Al promover un enfoque integral que combina eficiencia, bienestar y sostenibilidad, el sistema LEED busca redefinir el futuro de la construcción urbana (U.S. Green Building Council, s.f.).

La evolución del sistema de certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ha tenido múltiples versiones a lo largo de los años para adaptarse a los avances y necesidades en la construcción sostenible (U.S. Green Building Council, s.f.):

- LEED v1.0 (1998): Inició como un programa piloto con el objetivo de establecer un estándar para edificios sostenibles. Evaluaba eficiencia energética, materiales, y calidad del aire interior en los primeros 19 proyectos.
- LEED v2.0 (2000): Fue la primera versión pública oficial, que incluyó créditos más detallados y una mayor accesibilidad para los usuarios, abarcando la construcción de edificios comerciales y gubernamentales.
- LEED v2.2 (2005): Introdujo mejoras en la documentación y simplificación del proceso de certificación, respondiendo al feedback de los primeros usuarios y ajustando los criterios para hacerlos más precisos.
- LEED 2009 (v3): Rediseñó la estructura para enfocarse en aspectos de mayor impacto ambiental. Incluyó un sistema de ponderación para los créditos, otorgando más puntos a las estrategias que tuvieran mayor impacto en la sostenibilidad y el medio ambiente.
- LEED v4 (2013): Marcó una transformación significativa al centrarse en la transparencia y el análisis del ciclo de vida. Amplió las categorías de evaluación,

introduciendo nuevos estándares para materiales y recursos, uso del agua y calidad ambiental interior. También se mejoraron los créditos para edificios en diferentes etapas (diseño y operación).

- LEED v4.1 (2019): Esta versión actualiza y refina los requisitos para mejorar la accesibilidad y flexibilidad. Se centra en datos reales y medibles, con un enfoque en la reducción de emisiones de carbono y el rendimiento operativo de los edificios. Además, simplifica la documentación para facilitar la adopción por parte de más proyectos.

Cada versión ha mejorado las métricas y el enfoque en la sostenibilidad para adaptarse a los avances tecnológicos y las necesidades del mercado de la construcción sostenible.

## ***2.5.2. Criterios y categorías de la certificación LEED***

### **2.5.2.1. LEED para Diseño y Construcción de Edificios (BD+C)**

Este sistema se aplica a nuevas construcciones o renovaciones importantes donde al menos el 60% del área debe estar completada al momento de la certificación (Reference guide for building design and construction , 2019):

- New Construction y Major Renovation: Para edificios que no sean escuelas, centros de datos, hospitalidad, etc.
- Core and Shell Development: Dirigido a proyectos donde la construcción incluye solo la estructura y sistemas básicos (no el interior completo).
- Schools: Espacios educativos K-12, también aplicable a universidades.
- Retail: Edificios para la venta de productos al por menor.
- Data Centers: Edificios diseñados para alojar equipos de computación de alta densidad.

- Warehouses and Distribution Centers: Almacenes y centros de distribución.
- Hospitality: Hoteles y alojamientos.
- Healthcare: Hospitales que operan 24/7 con atención médica continua.
- Homes y Multifamily Lowrise: Viviendas de 1 a 3 pisos.
- Multifamily Midrise: Edificios residenciales de 4 o más pisos.

#### **2.5.2.2. LEED para Diseño y Construcción de Interiores (ID+C)**

Aplica a espacios interiores completos, donde al menos el 60% del área debe estar completada (Reference guide for building design and construction , 2019):

- Commercial Interiors: Espacios interiores comerciales.
- Retail: Espacios interiores dedicados a la venta.
- Hospitality: Espacios interiores para la industria de servicios.

#### **2.5.2.3. LEED para Operaciones y Mantenimiento de Edificios (O+M)**

Dirigido a edificios existentes y operativos durante al menos un año, que pueden estar en procesos de mejora. (Reference guide for building design and construction , 2019):

- Existing Buildings: Edificios que no sean escuelas, centros de datos, etc.
- Retail, Schools, Hospitality, Data Centers, Warehouses: Enfocado en diferentes tipos de edificios existentes.

#### **2.5.2.4. LEED para Desarrollo de Vecindarios (ND)**

Se enfoca en proyectos de desarrollo de terrenos o redesarrollo que contengan usos residenciales y no residenciales (Reference guide for building design and construction , 2019):

- Plan: Proyectos en planificación conceptual o construcción.
- Built Project: Proyectos de desarrollo completados.

Los criterios de calificación para obtener la certificación LEED se organizan en distintas categorías que buscan promover la sostenibilidad en el diseño y operación de los edificios:

### **Sostenibilidad del Sitio**

Evalúa cómo los proyectos minimizan los impactos negativos en el entorno inmediato. Se enfoca en preservar los espacios naturales, prevenir la erosión del suelo y gestionar las aguas pluviales. El objetivo es reducir la huella ambiental y proteger la biodiversidad mediante prácticas como el uso de techos verdes o el desarrollo en terrenos ya urbanizados.

### **Ubicación y Transporte**

Promueve la selección de ubicaciones que minimicen la necesidad de transporte personal y que fomenten el uso de opciones sostenibles, como bicicletas y transporte público. Se valoran factores como la accesibilidad a servicios básicos, la reducción de la dependencia del automóvil y la disponibilidad de estaciones de carga para vehículos eléctricos. Esto ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes.

### **Eficiencia en el Uso del Agua**

Fomenta el uso eficiente del agua mediante sistemas que reducen el consumo tanto en interiores como en exteriores. Se prioriza la instalación de tecnologías como inodoros y grifos de bajo flujo, así como sistemas de recolección de agua de lluvia y el uso de aguas grises para riego. El objetivo es preservar este recurso vital, disminuyendo el impacto en los sistemas hídricos locales.

### **Energía y Atmósfera**

Evalúa el consumo energético del edificio, promoviendo la eficiencia y el uso de energías renovables. Incluye la implementación de sistemas de iluminación eficiente, equipos HVAC de bajo consumo, y fuentes de energía renovable como paneles solares. Esta categoría también

busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de estrategias de diseño que optimicen el uso de la energía.

### **Materiales y Recursos**

Se centra en el uso de materiales sostenibles que tienen un bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida. Se valoran materiales reciclados, regionales y con contenido renovable, así como la reducción de residuos mediante estrategias de reciclaje y compostaje en obra. Esto fomenta la economía circular y la reducción del impacto ambiental.

### **Calidad del Ambiente Interior**

Busca mejorar el bienestar de los ocupantes mediante un ambiente saludable. Incluye la calidad del aire, el acceso a la luz natural, el confort térmico, y el control acústico. Además, se prioriza el uso de materiales con bajas emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) para reducir la contaminación del aire interior.

### **Innovación**

Premia proyectos que implementan estrategias novedosas y que van más allá de los requisitos básicos de LEED. Incentiva la creatividad en el diseño y la construcción, buscando soluciones innovadoras que generen un impacto positivo tanto ambiental como social. Se valoran las prácticas que demuestran un liderazgo en sostenibilidad.

### **Prioridad Regional**

Reconoce y aborda desafíos ambientales específicos de cada región geográfica. Se otorgan créditos adicionales a los proyectos que abordan problemas locales, como la escasez de agua, la contaminación del aire o la gestión de desechos. De esta forma, se incentiva la adaptación de los proyectos a las condiciones locales para un mayor impacto positivo.

### **2.5.3. Calificación de la certificación LEED**

Para obtener la certificación LEED, un proyecto acumula puntos al cumplir con los requisitos y créditos relacionados con áreas como carbono, energía, agua, residuos, transporte, materiales, salud y calidad ambiental interior. Los proyectos son evaluados y revisados por GBCI, y según los puntos obtenidos, se otorgan diferentes niveles de certificación: Certificado (40-49 puntos), Plata (50-59 puntos), Oro (60-79 puntos) y Platino (80 puntos).

## **2.6. Certificación BREEAM**

Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM). Fue el primer método de evaluación de sostenibilidad que se integró al proceso de construcción, además de otorgar un certificado final para el edificio. Gracias a esta característica, sirvió como base para el desarrollo de otros sistemas de evaluación que se implementaron durante la primera década del siglo XXI (Kubba, 2017).

El propósito principal de BREEAM es no solo optimizar la sostenibilidad de los edificios individualmente, sino también mejorar la sostenibilidad a nivel nacional en relación con el entorno ambiental. Al obtener este certificado, se asegura que la construcción minimiza la emisión de gases contaminantes, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental global y promoviendo prácticas responsables en la industria de la construcción (Gutiérrez, 2021).

### **2.6.1. Historia y evolución de BREEAM**

La certificación BREEAM fue desarrollada en 1990 por el Building Research Establishment (BRE) en el Reino Unido, marcando un hito al ser la primera metodología global centrada en la evaluación de la sostenibilidad de edificaciones. Este sistema ha optimizado el rendimiento ambiental de los edificios a lo largo de todas sus fases: diseño, construcción,

operación y renovación. A lo largo de los años, miles de edificios se han registrado bajo BREEAM para cumplir con los objetivos ESG, promoviendo así prácticas sostenibles en términos ambientales, sociales y de buen gobierno.

Además, la certificación BREEAM se alinea con las metas de reducción de emisiones establecidas por la iniciativa Science Based Targets (SBTi), que guía a las empresas en la implementación de estrategias para alcanzar la neutralidad de carbono ("Net-Zero") para el año 2050. El compromiso Net-Zero busca limitar el calentamiento global a un máximo de 1.5°C, asegurando que cualquier emisión residual sea compensada por mecanismos naturales como bosques y océanos. De este modo, BREEAM no solo aboga por la sostenibilidad ambiental, sino también por la salud y el bienestar a largo plazo.

La certificación BREEAM se desarrolló originalmente con un enfoque internacional, pero con el tiempo, varios países han adaptado sus propias versiones para alinearlas con sus idiomas, normativas y prácticas constructivas locales. Por ejemplo, España cuenta con BREEAM ES, mientras que, en Alemania, Reino Unido y Suecia se utilizan BREEAM DE, BREEAM UK y BREEAM SE, respectivamente. Esto permite que la certificación se adapte mejor al contexto y a los requisitos específicos de cada región, manteniendo el compromiso con la sostenibilidad en cada país.

La versión más reciente de BREEAM, denominada V6, fue introducida en diciembre de 2021 y ha estado en vigor desde marzo de 2022. A partir de marzo de 2023, será la única versión válida, reemplazando por completo la anterior (V5). Esta actualización incluye un manual específico para cada tipo de certificación, así como la incorporación de dos nuevas categorías: Recursos y Resiliencia. Además, se han introducido requisitos mínimos por categoría y niveles

de puntaje ejemplar similares a BREEAM para Nueva Construcción, eliminando al mismo tiempo la categoría anterior de "Materiales" (Muñoz, 2023).

### ***2.6.2. Criterios y categorías de la certificación BREEAM***

Son 9 categorías más 1, en la que se suman a mayores los créditos de nivel ejemplar que no pertenecen a ninguna categoría por sí mismos.

- **Salud y bienestar:** Se enfoca en el confort de los usuarios, considerando factores como la iluminación, el confort térmico y acústico, la calidad del aire interior y el acceso seguro al edificio.
- **Energía:** Busca minimizar el consumo de energía a través de un diseño eficiente, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y promoviendo el uso de energías renovables, con el objetivo de lograr edificios nZEB.
- **Transporte:** Promueve la movilidad sostenible al ofrecer alternativas al uso del vehículo privado, como el transporte público o el uso compartido de vehículos.
- **Agua:** Incentiva la reducción del consumo de agua potable y promueve la reutilización de agua de lluvia y aguas grises.
- **Resiliencia:** Asegura que el edificio pueda adaptarse a los cambios ambientales y climáticos, manteniendo su funcionalidad y calidad a lo largo del tiempo.
- **Residuos:** Fomenta la gestión eficiente de los residuos generados tanto en la construcción como durante la operación del edificio, reduciendo su impacto ambiental.
- **Uso del suelo y ecología:** Se enfoca en la preservación y mejora del valor ecológico del terreno, promoviendo la biodiversidad y la inclusión de áreas verdes.

- Contaminación: Busca reducir la contaminación derivada del edificio, incluyendo la emisión de gases de efecto invernadero (GEIs), la contaminación del agua y la reducción de la contaminación lumínica y acústica.
- Gestión: Evalúa las prácticas responsables durante la construcción, minimizando los impactos ambientales y promoviendo la accesibilidad y funcionalidad del edificio.
- Innovación: Se suman puntos adicionales por la implementación de tecnologías, procesos o materiales innovadores que mejoren la sostenibilidad, sin necesidad de cumplir requisitos específicos.

BREEAM ha desarrollado diferentes esquemas de certificación adaptados a diversos tipos de edificios y sectores. Algunos de estos son (BREEAM, s.f.):

- BREEAM Retail: Dirigido a comercios, bancos, restaurantes y establecimientos de servicios.
- BREEAM Offices: Aplicado a edificios de oficinas.
- BREEAM Education: Para escuelas, centros de convenciones y guarderías.
- BREEAM Industrial: Enfocado en centros de distribución y fábricas.
- BREEAM Healthcare: Para centros médicos.
- BREEAM Prisons: Para instalaciones correccionales.
- BREEAM Courts: Para oficinas gubernamentales en Inglaterra y Gales.
- BREEAM Other Buildings: Para hoteles y centros de ocio.
- BREEAM Communities: Para proyectos urbanos sostenibles desde la planificación inicial.

- BREEAM Multi-Residencial: Para edificios multifamiliares, incluyendo refugios, residencias de ancianos y orfanatos.

Cada uno de estos esquemas está diseñado para evaluar la sostenibilidad específica de cada tipo de edificación.

### ***2.6.3. Calificación de la certificación BREEAM***

El sistema de evaluación BREEAM se basa en la asignación de puntos a un edificio, organizados en categorías que reflejan diferentes criterios ambientales, categorías ya antes revisadas. Cada categoría recibe una puntuación según el cumplimiento de los requisitos específicos, y la puntuación total determina la clasificación del edificio, que puede ser Aprobado, Bueno, Muy Bueno, Excelente o Sobresaliente, seguida de un certificado que valida la calificación obtenida (BREEAM, s.f.).

Cada categoría medioambiental en BREEAM tiene un porcentaje máximo de créditos que se pueden obtener. Los “puntajes de sección” resultan de multiplicar las ponderaciones asignadas a cada categoría por su porcentaje específico, sumando un total de 110%. La puntuación global de un proyecto se obtiene sumando estas ponderaciones, permitiendo alcanzar un máximo de 110 puntos. Según la fase y el uso del edificio, se aplican diferentes esquemas de evaluación y certificación, ya sea en diseño, construcción o uso. En este trabajo se analizarán las variaciones en las ponderaciones según la tipología de tres edificios en uso, explorando si favorecen a uno u otro (Muñoz, 2023).

El asesor BREEAM es responsable de puntuar los requisitos del edificio en función de las categorías correspondientes, considerando la ponderación ambiental de cada área. La puntuación total determina el nivel de certificación, que puede ser:

- Aprobado: 30% de los requisitos.

- Bueno: 45%.
- Muy bueno: 55%.
- Excelente: 70%.
- Excepcional: 85%.

El costo de la certificación BREEAM suele ser alrededor de 6000 euros, mientras que para viviendas unifamiliares se estima en unos 1650 euros.

## **2.7. Certificación EDGE**

La certificación EDGE, cuyo nombre proviene de las siglas en inglés Excellence in Design for Greater Efficiencies (Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias), es un sistema de evaluación y certificación de sostenibilidad en la construcción. Actualmente, tiene presencia en casi 140 países, permite a los desarrolladores optimizar el diseño de edificaciones con bajas emisiones y costos operativos eficientes. Para obtener esta certificación, los proyectos deben demostrar una reducción proyectada del 20 % en el consumo de energía, agua y energía incorporada en materiales, en comparación con edificaciones convencionales y se aplica a diversas tipologías de edificaciones, como viviendas, hoteles, establecimientos comerciales, oficinas, hospitales e instituciones educativas (IFC, 2024).

EDGE tiene como finalidad impulsar la adopción de prácticas sostenibles en países con economías emergentes, donde las regulaciones aún no exigen edificaciones con un uso eficiente de recursos. Hasta ahora, la construcción sostenible ha estado mayormente enfocada en proyectos de alto nivel dentro de naciones desarrolladas. Con esta certificación, se busca reducir la brecha entre las normativas nacionales, que en muchos casos presentan un bajo grado de cumplimiento, y los exigentes estándares internacionales en construcción verde. El objetivo final

es disminuir el consumo de agua y energía, así como las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a mitigar el impacto del cambio climático (IFC, 2024).

### ***2.7.1. Historia y evolución de la certificación EDGE***

El sistema de certificación EDGE fue desarrollado en 2014 por la Corporación Financiera Internacional (IFC), perteneciente al Grupo del Banco Mundial, con financiamiento inicial de la Secretaría de Estado de Asuntos Económicos de Suiza. Actualmente, cuenta con el respaldo financiero del Gobierno del Reino Unido y la contribución de otros países como Austria, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Hungría y Japón (BBVA, 2022).

Su propósito es establecer un estándar innovador para la certificación en diseño sostenible en mercados emergentes, aplicándose en regiones como el Sudeste Asiático, India, Nigeria, Sudáfrica, Perú y Colombia, donde se estima que, para 2023, una de cada cinco viviendas contará con esta certificación. Para facilitar su implementación, EDGE ha simplificado su proceso de certificación mediante una aplicación gratuita, permitiendo a los equipos de trabajo gestionar proyectos de manera remota, como ha ocurrido recientemente en Bolivia a través de plataformas de videoconferencia (BBVA, 2022).

### ***2.7.2. Criterios de evaluación y categorías de la certificación EDGE.***

EDGE evalúa el desempeño potencial de un edificio en la optimización de recursos como energía, agua y materiales mediante un motor de cálculo especializado. Este sistema se basa en principios de climatología, transferencia de calor y física de edificaciones para realizar un análisis preciso del rendimiento del proyecto. Una vez determinada la eficiencia base en el uso de recursos, la plataforma proporciona diversas opciones de mejora, permitiendo a los diseñadores seleccionar la combinación más adecuada de estrategias técnicas para alcanzar los

niveles de eficiencia requeridos para la certificación (ASALDE VARGAS & CHAVEZ IGNACIO, 2020).

La certificación EDGE se centra en promover la eficiencia energética y la sostenibilidad en los edificios a través de tres niveles de certificación: EDGE Certified, EDGE Advanced y Zero Carbon.

El primer nivel, EDGE Certified, se otorga a aquellas edificaciones que alcanzan un ahorro mínimo del 20% en consumo de energía, agua y energía incorporada en los materiales de construcción, en comparación con un edificio convencional.

El siguiente nivel, EDGE Advanced, reconoce a los edificios que logran una reducción de al menos el 40% en el consumo energético, promoviendo así un mayor impacto en la eficiencia operativa.

El nivel más alto, Zero Carbon, certifica edificaciones que no solo minimizan su consumo energético al máximo, sino que también compensan sus emisiones de carbono, ya sea mediante el uso de energías renovables o estrategias de mitigación sostenibles (Magaña, 2024).

### ***2.7.3. Proceso de la Certificación EDGE***

Para obtener la certificación EDGE, es necesario llevar a cabo una revisión del diseño en una etapa preliminar y una auditoría en obra para la certificación definitiva. Estas evaluaciones son realizadas por un auditor certificado por EDGE, quien verifica el cumplimiento de los requisitos de eficiencia y sostenibilidad del proyecto (IFC, 2024).

De esta forma los pasos son los siguientes:

1. Registro del proyecto
2. Auditoría del diseño
3. Certificación preliminar

4. Auditoría del sitio
5. Certificado EDGE

También, es posible solicitar la certificación EDGE para un edificio existente. Los mismos estándares se aplican a edificios existentes y a construcciones nuevas.

## **2.8. Impactos de las certificaciones en conjuntos de vivienda social**

Las viviendas sociales sostenibles no solo buscan garantizar un hogar digno y accesible, sino que también incorporan principios de sostenibilidad ambiental. Esto implica el uso de materiales reciclados y de origen local, la implementación de energías renovables y el diseño bioclimático para minimizar el consumo energético. Además, integran aspectos sociales, promoviendo la participación de las comunidades en el diseño y la construcción, lo que fortalece el sentido de pertenencia y cohesión social (Calderero Panchana, Panchana Cedeño, Rodríguez Gámez, & Vázquez Pérez, 2024).

### **2.8.1. Beneficios de la certificación en viviendas sociales**

El entorno construido tiene un impacto social significativo en múltiples aspectos, influyendo en la calidad de vida, la salud y las oportunidades de las comunidades. La edificación sostenible se presenta como una gran oportunidad económica y social, con un potencial de inversión que podría alcanzar los 25 billones de dólares para 2030. Por otro lado, el sector de la construcción representa una fuente de empleo clave, absorbiendo aproximadamente al 7% de la población mundial, lo que le otorga una responsabilidad considerable en términos de desarrollo económico y bienestar social a nivel global (Social Impact across the Built Environment, 2023).

Cuando la urbanización se gestiona de manera eficiente, las ciudades pueden convertirse en centros de desarrollo sostenible, promoviendo la inclusión, la resiliencia y un uso óptimo de

los recursos. Si solo 100 ciudades del mundo logaran reducir significativamente sus emisiones de carbono, se podría disminuir aproximadamente un 10% de los gases de efecto invernadero (GEI) cada año. Dado que más del 90% del crecimiento urbano ocurre en países en desarrollo, estas áreas urbanas representan una oportunidad clave para construir un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono (Tan, 2015).

Las certificaciones de sostenibilidad aplicadas a la vivienda social ofrecen beneficios significativos tanto a los habitantes como al entorno. Programas como LEED, BREEAM y EDGE incrementan la eficiencia energética y disminuyen los costos operativos, permitiendo a las familias de menores ingresos reducir gastos en electricidad y agua.

Además, estas certificaciones favorecen espacios más saludables mediante la mejora de la calidad del aire interior, el acceso a luz natural y la disminución de materiales nocivos en la construcción. Desde un enfoque ambiental, estas certificaciones ayudan a mitigar las emisiones de carbono y refuerzan la resiliencia frente al cambio climático mediante el uso de materiales sostenibles y soluciones ecológicas. A nivel social, fomentan la equidad y la inclusión al proporcionar viviendas de calidad, promoviendo comunidades bien estructuradas y con acceso a servicios esenciales (Social Impact across the Built Environment, 2023).

### ***2.8.2. Desafíos para alcanzar certificaciones en viviendas de interés social***

Incorporar certificaciones sostenibles en proyectos de vivienda de interés social se plantea como un objetivo necesario pero desafiante, debido a diversas limitaciones de tipo técnico, económico e institucional. Aunque estos sistemas de certificación aportan beneficios significativos, como un mayor ahorro energético, menor impacto ambiental y una mejor calidad de vida para los habitantes, su aplicación se ve obstaculizada por factores como los elevados

costos iniciales, la escasa regulación específica, el acceso limitado a tecnologías sostenibles y las restricciones presupuestarias comunes en estos entornos.

Por tanto, se vuelve imprescindible articular estrategias desde las políticas públicas, fomentar mecanismos de financiamiento verde y fortalecer las capacidades técnicas, con el propósito de reducir la brecha existente entre el desarrollo de viviendas dignas y los criterios de sostenibilidad ambiental (Alsaeed, 2024).

### ***2.8.3. Limitaciones financieras y tecnológicas***

Las capacidades de planificación y la falta de financiación dejan a los más vulnerables con viviendas de baja calidad y una menor calidad de vida. Mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda de vivienda asequible continúa siendo un desafío complejo. La demanda crece a un ritmo mucho mayor que la capacidad de oferta, lo cual genera un aumento en los precios y una marcada escasez de unidades habitacionales.

Abordar esta problemática requiere de estrategias que no solo respondan a las necesidades habitacionales inmediatas, sino que también incorporen criterios de sostenibilidad a largo plazo. Este contexto, que suele estar rezagado en cuanto a innovación y desarrollo, representa a su vez una oportunidad clave para que los fondos de inversión se posicionen como actores comprometidos con el bienestar social, sin dejar de lado la generación de retornos financieros sostenibles (Baxter-Yiannou, 2024).

### ***2.8.4. Barreras regulatorias y operativas***

La falta de políticas públicas y regulaciones adecuadas representa una de las barreras más significativas. En muchos países, especialmente en economías emergentes, el marco normativo para la construcción sostenible aún es limitado, poco exigente o inexistente. Esta carencia

dificulta la integración de criterios ambientales en el diseño, ejecución y operación de proyectos habitacionales dirigidos a sectores vulnerables.

La ausencia de lineamientos claros y de incentivos fiscales o financieros específicos desincentiva tanto a promotores privados como a entidades públicas a invertir en soluciones habitacionales que cumplan con estándares internacionales de sostenibilidad. Como resultado, se perpetúa un modelo de desarrollo urbano que no responde a las urgencias del cambio climático ni al derecho a una vivienda digna y resiliente (Navas, 2024).

## **2.9. Aplicación de las certificaciones en conjuntos de vivienda social**

### ***2.9.1. Aplicación de la certificación LEED en conjuntos de vivienda social***

#### **2.9.1.1. LEED Para casas (For Home)**

En proyectos de viviendas multifamiliares e individuales, los hogares con certificación LEED ofrecen beneficios clave que contribuyen a su sostenibilidad. En términos de salud, están diseñados para garantizar un mejor flujo de aire fresco y reducir la exposición a contaminantes. En cuanto a ahorros, estos hogares consumen entre un 20% y 30% menos energía y agua, lo que reduce considerablemente los costos mensuales. Además, estos hogares son inspeccionados y certificados por terceros para asegurar su rendimiento superior, y pueden generar valor al ser revendidos a un precio más alto, manteniendo los costos de construcción similares a los de las casas tradicionales.

LEED para Casas (for Home) es una iniciativa que busca transformar la industria de la construcción de viviendas hacia prácticas más sostenibles, enfocándose en el 25% superior de las viviendas nuevas con mejores características ambientales. Es un esfuerzo colaborativo que

involucra a todos los actores de la industria, promoviendo estándares ecológicos para el diseño y la construcción de hogares más sostenibles.

Promueve el reconocimiento de viviendas con diseño y construcción sostenibles a nivel global, permitiendo que los constructores destaquen sus casas como algunas de las mejores en el mercado, respaldadas por una marca internacionalmente reconocida. Además, facilita a los compradores la identificación de hogares ecológicos verificados, contribuyendo a la visibilidad de viviendas sostenibles en el mercado.

Busca proporcionar una visión global coherente de lo que define una casa verde, a pesar de la existencia de diversos programas locales, regionales e internacionales. Facilita a los constructores, sin importar su ubicación, obtener una calificación verde para sus hogares. Este sistema es un estándar desarrollado por expertos y constructores en sostenibilidad, parte de la gama de herramientas de evaluación del USGBC para fomentar prácticas sostenibles en diseño, construcción y operación de edificios a nivel global (León Pinto & Loaizaz Gómez, 2014).

### ***2.9.2. Aplicación de la certificación BREEAM en conjuntos de vivienda social***

Este sistema de evaluación y certificación de sostenibilidad se aplica a edificaciones residenciales nuevas, rehabilitadas o renovadas, abarcando tanto viviendas unifamiliares como en bloque. Puede ser utilizado para proyectos de nueva construcción y para la rehabilitación de estructuras existentes, evaluando en las fases tanto de proyecto como de post-construcción. La flexibilidad del sistema permite su aplicación en distintas etapas del ciclo de vida de un edificio, asegurando que cumpla con altos estándares ambientales en cada una de ellas (BREEAM, s.f.).

BREEAM también ofrece la Marca de Calidad del Hogar (Home Quality Mark - HQM), una evaluación que permite a los constructores destacar la calidad de sus viviendas frente a otras en el mercado. Este sistema proporciona una visión imparcial sobre la calidad de una vivienda

nueva, detallando los costos operativos, los beneficios para la salud y el bienestar, así como su huella ambiental. En resumen, HQM ayuda a compradores e inquilinos a comprender el rendimiento y los atributos de una vivienda en términos de calidad, sostenibilidad y eficiencia (BREEAM, s.f.).

### ***2.9.3. Aplicación de la certificación EDGE en conjuntos de vivienda social***

En el contexto de la vivienda social, EDGE permite desarrollar edificaciones más sostenibles con costos accesibles, lo que facilita su implementación en comunidades con recursos limitados. Según IFC, el programa Market Accelerator for Green Construction ha facilitado más de 800 millones de dólares en inversiones en edificios verdes en diversos países, promoviendo la certificación EDGE como una herramienta clave para reducir el impacto ambiental de las construcciones y mejorar la eficiencia operativa de los edificios (IFC, 2024).

La certificación EDGE ofrece múltiples beneficios en proyectos de vivienda social, especialmente al reducir los costos de operación para los residentes mediante un uso más eficiente de la energía y el agua. A diferencia de otras certificaciones, que pueden resultar costosas y complejas, EDGE se basa en una metodología accesible y apoyada en tecnología digital, lo que facilita su implementación en países en desarrollo. Su enfoque en el diseño optimizado y el uso responsable de materiales contribuye a minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción. Gracias a estas características, EDGE se convierte en una herramienta efectiva para impulsar edificaciones sostenibles a costos accesibles, beneficiando tanto a los desarrolladores como a las comunidades de bajos recursos (IFC, 2024).

## **2.10. Estrategias sostenibles para mejorar el desempeño en LEED, BREEAM y EDGE**

### ***2.10.1. Eficiencia energética en viviendas sociales***

En muchas naciones, las viviendas y edificaciones urbanas presentan un creciente consumo energético, particularmente en usos térmicos como el calentamiento de agua, la cocción, el aire acondicionado y la calefacción. Disminuir esta demanda energética representa ventajas significativas tanto para las familias como para la economía nacional y el medio ambiente. Este consumo resulta especialmente elevado en regiones con climas cálidos, donde el uso de aire acondicionado se vuelve indispensable.

La carencia de condiciones térmicas adecuadas refleja una forma de pobreza energética, evidenciada en la prioridad que muchas personas otorgan a la compra de equipos de climatización cuando sus recursos lo permiten. En contraste, los hogares de bajos ingresos que no pueden costear estos equipos ni asumir los costos energéticos asociados suelen enfrentarse a condiciones de discomfort térmico que afectan su calidad de vida. Ambos desafíos del elevado consumo energético para climatización y la falta de confort térmico están estrechamente relacionados y pueden abordarse desde la etapa de diseño arquitectónico.

La aplicación de soluciones pasivas como el uso de materiales con propiedades térmicas adecuadas, aislamiento, acabados reflectantes, correcta orientación de la vivienda, ventilación cruzada, dimensionamiento apropiado de ventanas y elementos de sombreado puede mejorar significativamente el desempeño térmico de las edificaciones y reducir la necesidad de climatización activa (Davis, Martinez, & Taboeda, 2018).

#### **2.10.1.1. Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) eficientes**

La climatización es una técnica que busca crear en un espacio determinadas condiciones de temperatura, humedad, limpieza y circulación del aire que favorezcan tanto el confort de las

personas como la preservación de objetos. Esta disciplina se enmarca dentro de la ingeniería mecánica, ya que requiere del uso de equipos especializados que permiten mover, filtrar, calentar o enfriar el aire, regular su humedad y controlar distintas variables mediante sistemas de medición y automatización, todo esto con consumo de energía eléctrica o combustibles.

Dado que la climatización forma parte integral del diseño arquitectónico, es fundamental que el arquitecto principal y el ingeniero encargado de este sistema mantengan una comunicación constante y clara. Para lograrlo, es necesario que ambos compartan un lenguaje técnico común y comprendan de manera similar el funcionamiento, los efectos y las limitaciones de los equipos y procesos involucrados. Por ello, es importante establecer definiciones básicas y principios generales relacionados con la termodinámica y la mecánica de fluidos, lo cual facilitará una mejor coordinación y toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto (Rosillo & Herrera , 2019).

El propósito principal de incorporar sistemas de climatización en edificaciones es garantizar una adecuada calidad del aire interior (IAQ) y el confort térmico de los ocupantes. No obstante, su instalación, puesta en marcha y funcionamiento implican una inversión considerable de recursos económicos. Adicionalmente, suelen existir múltiples alternativas tecnológicas para alcanzar dichos objetivos, cada una con distintos niveles de eficiencia, complejidad y costos. Esta diversidad de opciones, sumada a los intereses y criterios particulares de los distintos actores del proyecto —como propietarios, responsables de obra, asesores e ingenieros—, genera un escenario de decisión complejo. Por tanto, resulta imprescindible contar con una matriz comparativa que permita evaluar de manera objetiva y estructurada las distintas alternativas, considerando tanto sus ventajas técnicas como sus implicaciones económicas (Rosillo & Herrera , 2019).

A continuación, se presentan y describen las principales estrategias mecánicas o artificiales utilizadas en los sistemas de climatización, detallando el tipo de influencia térmica o ambiental que ejerce cada una. El objetivo es proporcionar una guía técnica que facilite la adecuada selección de estas soluciones, considerando su efectividad en función de las necesidades específicas del espacio a climatizar y los objetivos de confort y eficiencia energética del proyecto.

#### **2.10.1.2. Materiales aislantes**

Una de las estrategias más utilizadas para mejorar el comportamiento térmico de los espacios habitables es la incorporación de materiales aislantes. Estos se caracterizan por tener bajos coeficientes de conductividad térmica y, al ser aplicados con el espesor adecuado, constituyen una barrera eficaz contra la transferencia de calor. Entre los materiales más comunes y eficientes se encuentran la fibra de vidrio, el poliestireno expandido, el poliuretano y el propio aire, utilizado en cámaras. Un ejemplo efectivo y accesible de aislamiento es el muro multicapa con cámara de aire y superficies reflectivas, que ayuda a reducir el calentamiento interior causado por la radiación solar. Al limitar la transferencia de calor, se reducen las temperaturas internas de superficies como techos y paredes, lo cual impacta directamente en la disminución de la temperatura media radiante (Rosillo & Herrera , 2019).

#### **2.10.1.3. Ventilación mecánica**

Otra técnica importante es la ventilación mecánica, que puede ser implementada con dos fines principales: mejorar el confort térmico o garantizar la calidad del aire interior. Para su uso en climatización, el sistema debe dirigir el flujo de aire directamente hacia los ocupantes, considerando las velocidades óptimas que no generen incomodidad. En cuanto a la mejora de la calidad del aire, se pueden aplicar estrategias como la dilución de contaminantes mediante la

introducción de aire exterior en grandes volúmenes o la extracción localizada por medio de sistemas de ventilación tipo campana con ductos y ventiladores. Aunque la extracción no influye directamente en la percepción térmica, sí cumple una función importante en la evacuación de cargas térmicas internas (Rosillo & Herrera , 2019).

#### **2.10.1.4. Enfriadores evaporativos**

Entre las soluciones de climatización de bajo consumo energético se destacan los enfriadores evaporativos, los cuales funcionan captando aire exterior, pasándolo por un medio húmedo y luego introduciéndolo al interior del espacio habitable. Este proceso es particularmente eficiente desde el punto de vista energético, ya que requiere un bajo consumo eléctrico y mejora la calidad del aire al filtrar partículas como el polvo, al tiempo que permite una alta tasa de renovación. Sin embargo, su eficacia está condicionada por el nivel de humedad del entorno y los límites de humedad relativa aceptables en interiores. Cuando las condiciones climáticas lo permiten, esta tecnología representa una alternativa económica y sostenible que regula principalmente la temperatura y velocidad del aire, además de eliminar cargas térmicas internas a través de la renovación constante (Rosillo & Herrera , 2019).

#### **2.10.1.5. Pisos radiantes**

Otra estrategia avanzada es la climatización mediante superficies radiantes particularmente pisos, aunque también se emplean en muros y techos que integran un sistema de tuberías por donde circula agua caliente o fría, permitiendo un control eficiente de la temperatura ambiental. Esta técnica es ampliamente utilizada en climas fríos para calefacción, pero también puede aplicarse para enfriamiento, aunque en zonas cálidas presenta la desventaja de limitarse por el punto de rocío, lo que puede causar condensación superficial. Además, requiere un sistema hidráulico bien diseñado y controlado, así como un alto nivel de precisión constructiva. Su

principal aporte al confort se da por la disminución de la temperatura media radiante y del aire próximo a las superficies climatizadas (Rosillo & Herrera , 2019).

#### **2.10.1.6. Pinturas/recubrimientos de baja emisividad**

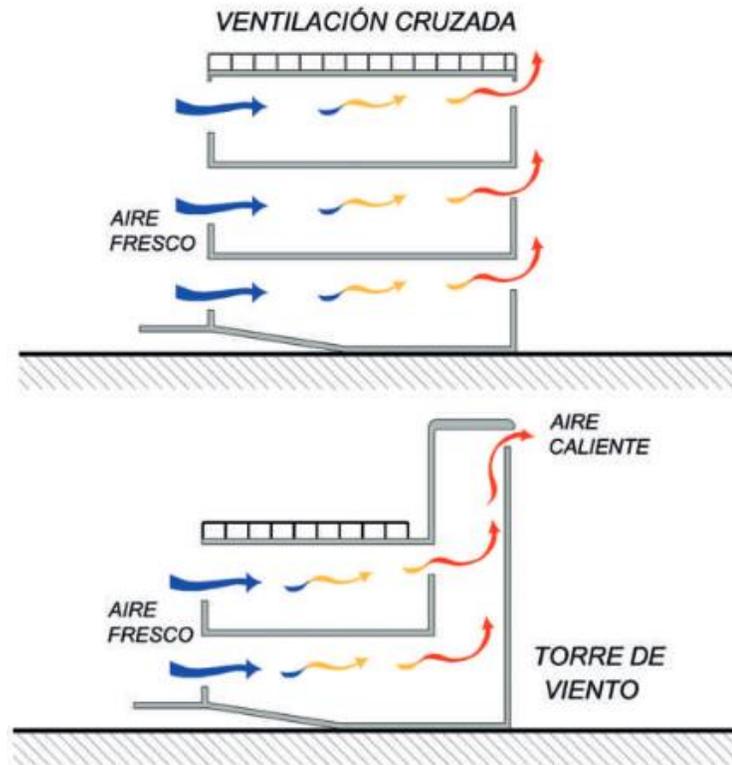
En cuanto a estrategias pasivas de fácil implementación, el uso de pinturas o recubrimientos con baja emisividad térmica en techos y cielos rasos puede reducir significativamente la radiación infrarroja emitida hacia los ocupantes. A pesar de que la superficie pueda alcanzar temperaturas elevadas, estos materiales minimizan la cantidad de calor transferido por radiación. Además, al calentarse el aire en contacto con la superficie y ascender por convección, se evita que el calor se acumule en el espacio habitable. Materiales como el aluminio brillante, con emisividades tan bajas como 0.05, son mucho más eficientes en comparación con los materiales tradicionales de construcción que alcanzan valores cercanos a 0.9. Esta estrategia es particularmente útil en climas cálidos para reducir la carga térmica interior sin recurrir a sistemas activos (Rosillo & Herrera , 2019).

#### **2.10.1.7. Ventilación natural**

Una de las alternativas más sostenibles y de bajo costo energético para mejorar las condiciones de confort térmico en edificaciones es la ventilación natural. Este sistema permite la renovación del aire interior sin necesidad de equipos mecánicos, ya que se basa en el aprovechamiento de factores naturales como el viento o las diferencias de temperatura entre zonas del edificio, como se puede observar en la (figura 1).

Estos elementos generan variaciones de presión ya sea por corrientes de aire externas o por el conocido “efecto chimenea” que impulsan el movimiento del aire desde aberturas de entrada hacia puntos de salida estratégicamente ubicados. Para que este mecanismo funcione adecuadamente, es fundamental un diseño arquitectónico que contemple pasajes de aire y

aberturas correctamente posicionadas, alineadas con las condiciones climáticas locales y las características del entorno construido (Rosillo & Herrera , 2019).



**Figura 1** Ventilación natural con base en el viento y en el efecto chimenea

Fuente: (Rosillo & Herrera , 2019).

### 2.10.1.8. Efecto invernadero

Otra estrategia pasiva destacada es el efecto invernadero controlado, que consiste en la captación de la radiación solar de onda corta a través de materiales traslúcidos, como el vidrio o ciertos tipos de plástico, utilizados en techos o cerramientos. Estos materiales permiten que la radiación solar penetre al interior del espacio, donde es absorbida por los elementos constructivos internos como pisos y paredes los cuales, al calentarse, emiten energía en forma de radiación de onda larga. Dado que los materiales ahora actúan como barrera para esta radiación emitida, el calor queda retenido, elevando así la temperatura interna del ambiente. Este principio,

cuando se aplica de manera controlada, es especialmente útil en climas fríos o en zonas de temperaturas extremas durante el invierno, permitiendo mantener el confort térmico sin recurrir a sistemas de climatización convencionales.

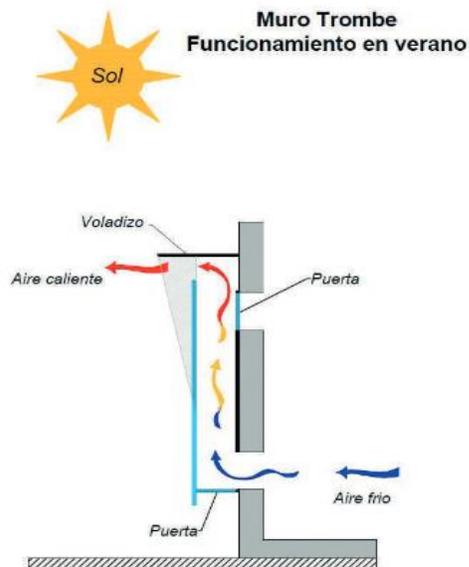
#### **2.10.1.9. Muro Trombe**

El muro Trombe es una técnica arquitectónica pasiva que permite aprovechar la energía solar para mejorar el confort térmico en interiores, especialmente útil en climas con variaciones estacionales marcadas. Este sistema se compone de un muro macizo, una superficie vidriada colocada en el exterior, una cámara de aire entre ambos elementos y aberturas regulables que permiten el paso del aire. Durante el verano, cuando el sol se encuentra en una posición elevada, el alero del techo suele generar sombra sobre el muro, lo que reduce la ganancia térmica directa. No obstante, el aire en la cámara se calienta y asciende, escapando por la abertura superior, lo cual genera una circulación de aire fresco desde la parte inferior del muro hacia el interior, ayudando en la ventilación del espacio habitable (figura 2).

En cambio, en los meses fríos de invierno, el sol se posiciona más bajo y su radiación incide directamente sobre el muro, generando un efecto invernadero en el espacio intermedio entre el vidrio y la pared. El calor atrapado en esa cámara se transfiere al interior de la vivienda a través de convección, proporcionando una calefacción natural eficiente. Por la noche, el sistema puede cerrarse para retener el calor absorbido por el muro durante el día, lo cual contribuye a mantener la temperatura interna estable (figura 3).

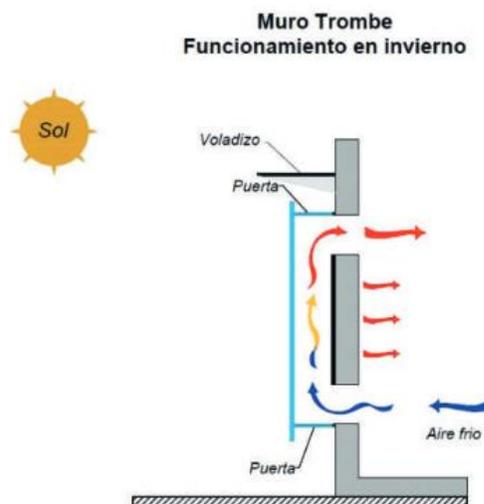
Cuando está correctamente diseñado considerando dimensiones, materiales y uso de vidrios dobles o triples para minimizar pérdidas térmicas, el muro Trombe permite crear ambientes confortables incluso cuando las temperaturas exteriores son muy bajas. Este sistema es especialmente útil en zonas templadas, donde la incidencia solar es constante en ciertas

fachadas. En regiones tropicales o frías, su implementación es más adecuada en orientaciones este y oeste, que reciben radiación solar diaria, mientras que las fachadas norte y sur presentan limitaciones debido a la baja incidencia solar durante gran parte del año (Rosillo & Herrera , 2019).



**Figura 2** Muro Trombe, funcionamiento en verano

Fuente: (Rosillo & Herrera , 2019).



**Figura 3** Muro Trombe, funcionamiento en invierno, período diurno

Fuente: (Rosillo & Herrera , 2019).

### ***2.10.2. Gestión del agua y recursos naturales***

Se ha identificado que, dentro del hogar, las actividades que representan el mayor consumo de agua son el uso de los sanitarios y el lavado de ropa. Por este motivo, se promueve que tanto los créditos destinados a nuevas construcciones como aquellos orientados a la remodelación y mejora de viviendas existentes integren criterios de sostenibilidad. Esto se logra incentivando la implementación de tecnologías ecológicas y sistemas eficientes que contribuyan a la reducción del consumo hídrico. También se señala que hacer un uso racional del agua no solo disminuye los impactos ambientales asociados a su potabilización, sino también reduce el gasto energético requerido para su transporte y tratamiento. Además, devolver el agua en mejores condiciones al entorno contribuye significativamente a la disminución de la contaminación (Silva, 2022).

#### **2.10.2.1. Tecnología de ahorro de aguas en viviendas**

En la actualidad, el uso racional del agua dentro del hogar se fomenta progresivamente a través de hábitos cotidianos conscientes y mediante la implementación de dispositivos diseñados específicamente para reducir su consumo. Existen en el mercado diversos equipos orientados a lograr este objetivo, especialmente pensados para su instalación dentro del entorno doméstico, por su practicidad y accesibilidad.

Una forma sencilla y efectiva en la que cada vivienda puede contribuir al uso eficiente del recurso hídrico es mediante la instalación de economizadores en grifos, duchas e inodoros. Estos dispositivos permiten reducir hasta un 40% del consumo de agua sin afectar la comodidad del usuario. Funcionan limitando el caudal de salida mediante mecanismos como reductores de flujo, microdispensores o aireadores, los cuales incrementan la velocidad del agua, proporcionando una experiencia de uso eficiente con un menor volumen del recurso. Entre los dispositivos de ahorro

más utilizados en el ámbito residencial se encuentran una variedad de accesorios fácilmente disponibles en el mercado, que facilitan la implementación de estas prácticas sostenibles en el hogar (Conafovi, 2005).

#### **2.10.2.2. Perlizadores**

Diversos dispositivos han sido diseñados para optimizar el consumo de agua en los hogares sin comprometer la funcionalidad ni el confort. Entre ellos se encuentran los perlizadores, que funcionan como elementos dispersores que aceleran la salida del agua al reducir el área hidráulica disponible. Esta aceleración incrementa la pérdida de presión, logrando así una disminución significativa en el volumen de agua utilizado (Conafovi, 2005).

#### **2.10.2.3. Obturadores**

Por otro lado, los obturadores se encargan de restringir el flujo dentro de las tuberías, limitando la salida del agua a un promedio de 10 litros por minuto. Este mecanismo mantiene estable la temperatura del agua y se caracteriza por su fácil instalación (Conafovi, 2005).

#### **2.10.2.4. Duchas**

En el caso de las duchas, una estrategia efectiva para reducir el consumo es sustituir la cebolleta tradicional por una de tipo ahorrador. Hoy en día, existe una gran variedad de modelos que permiten reducir entre un 40% y un 50% del consumo de agua sin sacrificar la presión del chorro. Estas cebolletas suelen estar fabricadas con plásticos de alta resistencia que previenen la oxidación y la acumulación de sarro. Muchos diseños modernos proyectan el chorro directamente hacia el usuario sin atomizar el agua ni formar nubes, lo que mejora su eficiencia y facilita su instalación, generalmente sin necesidad de herramientas adicionales (Conafovi, 2005).

### **2.10.2.5. Inodoro**

Respecto al uso del inodoro, se identifican como uno de los elementos con mayor consumo de agua en una vivienda, especialmente en modelos antiguos que llegan a utilizar hasta 16 litros por descarga. Adicionalmente, existen dispositivos complementarios para evitar fugas, que representan una fuente común de desperdicio. Uno de ellos es el "eliminador de fugas", un accesorio elaborado en acero inoxidable con sellador de silicón, que garantiza un cierre hermético de la válvula de descarga, siempre que el componente de cierre (pera o sapo) se encuentre en buenas condiciones.

Este mecanismo es compatible con una amplia variedad de inodoros y es sencillo de instalar. Otra solución moderna es la implementación de sistemas de doble descarga. Este tipo de tanque permite al usuario seleccionar la cantidad de agua a utilizar según el tipo de desecho: aproximadamente 3 litros para líquidos y 6 litros para sólidos. Estos modelos, fabricados en su mayoría con materiales plásticos resistentes a la corrosión, incorporan válvulas de descarga eficientes que no solo permiten seleccionar el volumen de descarga, sino que también ayudan a prevenir fugas gracias a su diseño y peso funcional (Conafovi, 2005).

### **2.10.2.6. Recolección de aguas pluviales y reutilización**

El aprovechamiento de las aguas pluviales, así como de aquellas generadas por el uso doméstico en lavadoras, duchas y bañeras, puede ser una alternativa viable para alimentar el sistema de descarga de los inodoros, que comúnmente utilizan agua potable sin necesidad. Esta práctica permite reducir significativamente el consumo de agua potable y, al mismo tiempo, disminuye la cantidad de aguas residuales generadas.

Una estrategia complementaria y con gran potencial es la captación de agua de lluvia con fines domésticos, incluso para consumo humano. Esta técnica, ampliamente utilizada en países

desarrollados, regiones remotas e insulares, representa una oportunidad para descentralizar la gestión del recurso hídrico. Consiste en interceptar, recolectar y almacenar el agua de lluvia en depósitos para su posterior uso. La captación puede destinarse al uso directo o bien a la recarga de acuíferos, dependiendo de factores como el régimen de precipitaciones y las condiciones hidrogeológicas del sitio.

En zonas con lluvias escasas, se recomienda su recolección y almacenamiento; mientras que, en regiones con alta pluviosidad, el excedente puede dirigirse a procesos de infiltración subterránea si el suelo presenta la permeabilidad adecuada. Recolectar el agua que precipita sobre las cubiertas de una edificación para utilizarla en las propias necesidades del inmueble fomenta la autosuficiencia hídrica y contribuye al uso responsable de este recurso vital. Asimismo, reduce el consumo energético necesario para operar sistemas centralizados de potabilización y transporte desde fuentes distantes (Conafovi, 2005).

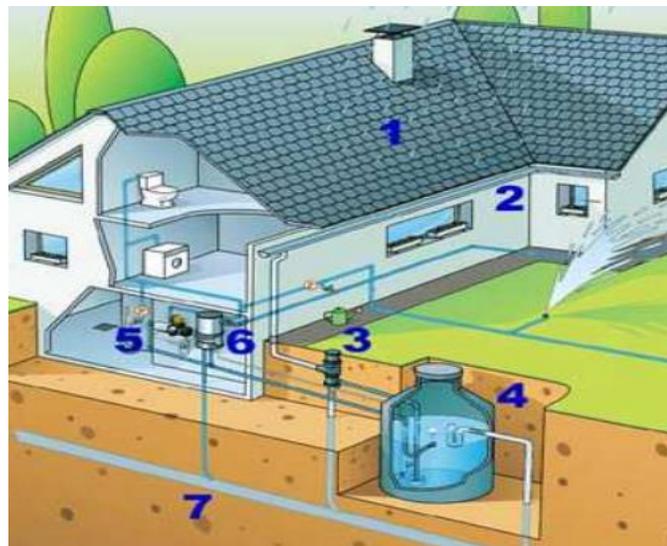
En los países del norte de Europa, a pesar de contar con sistemas avanzados de distribución y potabilización de agua, ha resurgido en los últimos años el interés por la recolección de agua de lluvia como alternativa sostenible. El agua pluvial ofrece ciertas ventajas significativas. Por un lado, es una fuente notablemente más limpia en comparación con otras aguas dulces naturales. Además, en muchos usos cotidianos no es indispensable emplear agua potable, por lo que la captación pluvial puede sustituir eficazmente a esta en tareas como riego, lavado o descargas sanitarias.

Los sistemas para captar y reutilizar el agua de lluvia constan de un conjunto básico de elementos encargados de su recolección, almacenamiento y posterior distribución dentro del inmueble. Estos equipos, además de ser funcionales, son fáciles de instalar y operar, lo que facilita su implementación en entornos residenciales. Es importante considerar que la captación

debe realizarse durante la temporada de lluvias y el recurso almacenado debe administrarse eficientemente para cubrir la demanda durante el periodo seco. Por ello, es común complementar el uso de agua de lluvia con otra fuente, como la red pública. Esta coexistencia entre dos tipos de suministro requiere un sistema de gestión eficiente que permita alternar entre ambos según la disponibilidad.

Algunos dispositivos comerciales ya ofrecen soluciones que permiten llenar automáticamente el depósito con agua potable cuando el volumen de agua de lluvia disminuye; sin embargo, esto puede generar ciertos inconvenientes, como una menor utilización del total de capacidad de almacenamiento disponible o una integración menos efectiva del sistema (Suárez Ortega & Rodríguez Herrera, 2014).

El siguiente planteamiento del diseño (figura 4) se basa en optimizar al máximo la captación y el almacenamiento del agua de lluvia, garantizando que el sistema pluvial se mantenga aislado y libre de cualquier tipo de mezcla o contaminación con aguas de diferente calidad.



**Figura 4** Diseño optimizador de captación y almacenamiento del agua de lluvia

Fuente: (Suárez Ortega & Rodríguez Herrera, 2014)

1. Cubierta: De acuerdo con los materiales utilizados se tendrá una mejor o peor calidad del agua recogida.
2. Canaletas: Se encargan de recolectar el agua de lluvia y conducirla hacia el sistema de almacenamiento. Es recomendable incorporar, antes de las bajantes, dispositivos que eviten la entrada de hojas u otros residuos.
3. Filtro: Su función es realizar una primera limpieza del agua recolectada, eliminando impurezas para evitar que lleguen al depósito o cisterna.
4. Depósito de almacenamiento: Es el lugar donde se conserva el agua previamente filtrada. Lo ideal es que esté ubicado bajo tierra o en un sótano, lo que limita la exposición a la luz (previniendo la formación de algas) y a las altas temperaturas (que favorecen el crecimiento de bacterias). Este depósito debe contar con elementos clave como deflector de entrada, sifón, rebosadero a prueba de roedores, sistema de succión flotante y sensores de nivel.
5. Bomba: Es la encargada de transportar el agua hacia los puntos de uso dentro de la vivienda. Debe estar fabricada con materiales compatibles con el agua pluvial y preferentemente ser de alta eficiencia energética.
6. Sistema de gestión dual (agua de lluvia–agua de red): Este mecanismo regula el uso del agua de lluvia y su complemento con agua de la red pública en caso de escasez. Es esencial para garantizar un suministro continuo y eficiente. Si no existe una segunda fuente de abastecimiento, este componente puede omitirse.
7. Sistema de drenaje: Encargado de evacuar el exceso de agua o el líquido proveniente de procesos de limpieza. Puede estar conectado al sistema de

alcantarillado o a una solución de vertido disponible en la vivienda (Suárez Ortega & Rodríguez Herrera, 2014).

Este tipo de diseños es un buen ejemplo ya que se evidencia que, mediante un diseño eficiente y la implementación de pocos elementos en la vivienda, es posible aprovechar de manera efectiva los recursos naturales. Esta estrategia no solo contribuye a una significativa reducción en los costos asociados al consumo de agua suministrada por empresas prestadoras del servicio, sino que también representa una acción favorable para la protección del medio ambiente.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es descriptivo, ya que, se centra en observar, identificar y analizar las características de sostenibilidad presentes en el conjunto habitacional “Si Vivienda”, ubicado en la ciudad de Manta. A través del análisis de los resultados obtenidos en las certificaciones BREEAM y LEED, se busca describir el comportamiento del proyecto respecto a las distintas categorías evaluadas en dichos sistemas. El objetivo es comprender la situación actual del proyecto en cuanto a criterios de sostenibilidad y, a partir de ello, generar propuestas de mejora fundamentadas.

#### 3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa y descriptiva, ya que, se basa en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con el cumplimiento de criterios de sostenibilidad en el proyecto “Si Vivienda”, según los estándares de las certificaciones LEED y BREEAM. Aunque no se aplican encuestas ni instrumentos de medición directa, los porcentajes y puntuaciones obtenidos en un estudio previo sirven como base para cuantificar el desempeño del conjunto habitacional en distintas categorías. De esta manera, se hace una interpretación de los resultados, lo que sugiere un componente mixto, aunque con un predominio cuantitativo. Esto permite realizar comparaciones objetivas y proponer estrategias de mejora basadas en evidencia.

### **3.3. Método de recopilación de datos**

La información utilizada en esta investigación fue obtenida a partir de fuentes secundarias oficiales, específicamente del estudio realizado como parte del proyecto de investigación “Estudio habitabilidad de viviendas de interés social en Manabí” del cual ha sido publicado el artículo: “Análisis de sostenibilidad mediante las certificaciones BREEAM y LEED en viviendas de interés social en Manabí.” con autoría de (Gilces Demera & Domínguez Gutiérrez, 2024). Dicho estudio proporciona datos cuantitativos representados en porcentajes por categoría de sostenibilidad, los cuales han sido organizados y sistematizados en tablas de elaboración propia para su posterior análisis comparativo. No se recurrió al uso de software especializado, ya que el procesamiento y presentación de los datos se realizó manualmente con herramientas básicas como Microsoft Excel. Esta estrategia permitió tener un mayor control sobre la estructuración de la información, garantizando coherencia con los objetivos de la investigación.

### **3.4. Técnicas de recopilación de datos**

El análisis consistió en organizar y comparar los puntajes alcanzados en ambas certificaciones mediante tablas de elaboración propia, con el objetivo de identificar tendencias, brechas y categorías con mayor y menor nivel de cumplimiento. Este proceso permitió determinar las áreas críticas del proyecto desde una perspectiva sostenible, estableciendo así una base objetiva para formular estrategias de mejora.

Las categorías fueron agrupadas según los criterios comunes entre ambas certificaciones, y se aplicó un enfoque descriptivo que facilitó la interpretación de los resultados en función de su impacto en la sostenibilidad general del proyecto.

### 3.5. Caso de estudio

El caso de estudio seleccionado para esta investigación es el conjunto habitacional Si Vivienda, ubicado en la ciudad de Manta, Ecuador.

#### 3.5.1. Información general

El proyecto habitacional “Sí Vivienda” está constituido por un conjunto de 158 viviendas de interés social implantadas cada una en un lote o terreno de aproximadamente 90 m<sup>2</sup>.

Principalmente existen 4 modelos de viviendas de interés social en dicho proyecto; la vivienda tipo “Gaviota” de una sola planta o piso, la vivienda tipo “Tohallí” de una sola planta o piso, la vivienda tipo “Isabella” de dos plantas o pisos y la vivienda tipo “Umiña” de una sola planta o piso, la vivienda tipo “Isabella” de dos plantas o pisos (Gobierno del Ecuador, s.f.).

#### 3.5.2. Ubicación geográfica

La urbanización “Si Vivienda”, se encuentra ubicada en la ciudad de Manta, Ecuador, específicamente en las inmediaciones de los barrios Urbirríos 2 y 30 de Agosto, a lo largo de la avenida 210.



**Figura 5** Ubicación de la urbanización "Si Vivienda"

Fuente: (Cedeño, 2023)

El conjunto habitacional representa un ejemplo relevante para examinar el grado de cumplimiento de criterios sostenibles en proyectos de interés social, ya que se encuentra ubicado en una zona urbana costera con alta exposición sísmica y climática, lo que añade complejidad al diseño y operación sostenible.

### **3.6. Procedimiento para la comparación entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE**

Para realizar esta comparación técnica entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE, se siguió una metodología basada en revisión documental y análisis del contenido estructurado. A continuación, se detalla el proceso:

#### ***3.6.1. Identificación de certificaciones relevantes***

Se seleccionaron las certificaciones:

- U.S. Green Building Council (LEED)
- Building Research Establishment (BREEAM)
- International Finance Corporation (EDGE)

Por ser las más aplicadas internacionalmente en proyectos residenciales y por su capacidad para evaluar sostenibilidad en viviendas de interés social. Esta selección fue respaldada por la literatura revisada en el marco teórico.

#### ***3.6.2. Recolección de información técnica oficial***

Se recopilaron los manuales técnicos, guías oficiales, esquemas de evaluación y material informativo directamente de los sitios web y documentos oficiales de cada certificación (USGBC para LEED, BRE Group para BREEAM y IFC para EDGE). También se revisaron estudios comparativos académicos y técnicos.

### **3.6.3. Definición de los parámetros comparativos**

Posteriormente, se establecieron los aspectos clave que servirían como base para el análisis comparativo. Estos parámetros fueron definidos considerando tanto los elementos que estructuran cada certificación como los que permiten evaluar su aplicabilidad y relevancia. Los parámetros seleccionados fueron:

- Enfoque general
- Ámbito de aplicación
- Metodología de evaluación
- Niveles de certificación
- Criterios de evaluación
- Beneficios
- Costos y accesibilidad

### **3.6.4. Construcción de tablas de cotejo**

Con base en los parámetros definidos, se evaluaron criterios relacionados netamente al parámetro a evaluar, elaborando tablas comparativas tipo cotejo, donde se analizaron las tres certificaciones, marcando con símbolos y anotaciones los aspectos presentes o ausentes en cada una, así como el nivel de desarrollo de cada sistema en cada criterio. De esta forma para cada parámetro definido se escogieron los siguientes criterios a evaluar:

#### **3.6.4.1. Ámbito de aplicación**

- Tipología de edificaciones admitidos
- Cobertura geográfica
- Requisitos de certificación por tipología

#### **3.6.4.2. Metodología de evaluación**

- La etapa de aplicación
- El tipo de herramientas utilizadas (plataformas digitales o software especializado)
- La presencia de revisores certificados
- Sistemas de puntuación o créditos

#### **3.6.4.3. Niveles de certificación**

- Niveles de reconocimiento
- Flexibilidad para escalar en la calificación
- Claridad en los criterios establecidos.

#### **3.6.4.4. Criterios de evaluación**

- Eficiencia energética
- Gestión del agua
- Materiales sostenibles
- Calidad ambiental interior
- Gestión de residuos
- Impacto del sitio y transporte.

#### **3.6.4.5. Beneficios**

- Ahorro energético y de agua
- Accesibilidad de incentivos del valor reputacional y comercial del proyecto
- Calidad del ambiente interior
- Impactos ambientales a largo plazo

#### **3.6.4.6. Costos y accesibilidad**

- Costos de registro y certificación

- Necesidad de consultores o especialistas acreditados
- Accesibilidad en las herramientas y plataformas digitales necesarias para el proceso.
- Proceso de certificación

### ***3.6.5. Redacción de conclusiones parciales del procedimiento de comparación entre las certificaciones (LEED, BREEAM, y EDGE)***

Para cada tabla de cotejo se redactó una conclusión individual que permitió interpretar los hallazgos encontrados en cada criterio, resumiendo las observaciones más relevantes por criterio, y explicando cómo estas diferencias podrían incidir en la implementación de proyectos sostenibles de vivienda social.

Por último, se realizó un resumen conclusivo del procedimiento comparativo de las certificaciones (LEED, BREEAM, y EDGE), en donde se redactó de forma resumida la comparación de las mencionadas.

## **3.7. Procedimiento para la comparación de puntuaciones de las certificaciones LEED y BREEAM en diversas categorías de sostenibilidad del proyecto Si Vivienda – Manta**

Para llevar a cabo esta comparación entre las puntuaciones obtenidas en las certificaciones LEED y BREEAM dentro del conjunto habitacional “Si Vivienda” en Manta, se desarrolló un procedimiento estructurado con base en el análisis documental y la sistematización de datos previamente existentes. El proceso se llevó a cabo de la siguiente forma:

### ***3.7.1. Selección del caso de estudio***

Se eligió como caso de análisis el proyecto “Si Vivienda” de la ciudad de Manta, por ser un conjunto habitacional de vivienda social evaluado previamente bajo los sistemas de

certificación LEED y BREEAM. Este proyecto fue abordado en un artículo técnico proporcionado por la tutora de tesis, que sirvió como fuente principal para la obtención de los datos.

### ***3.7.2. Revisión de resultados previos del proyecto***

Se examinaron las puntuaciones obtenidas por el proyecto en las distintas categorías de evaluación tanto en LEED como en BREEAM. Esta revisión incluyó áreas como:

- Energía y atmósfera
- Uso y gestión del agua
- Localización y transporte
- Materiales y recursos
- Gestión
- Gestión de residuos
- Salud y bienestar.

### ***3.7.3. Organización de la información en tablas comparativas***

A partir de los datos extraídos del artículo, se construyó una tabla de doble entrada en la que se colocaron las categorías compartidas o equivalentes entre ambos sistemas. Para cada categoría, se registró la puntuación alcanzada por el proyecto según LEED y BREEAM, con sus respectivos porcentajes o niveles de cumplimiento.

### ***3.7.4. Análisis de correspondencia entre categorías***

Se procedió a interpretar cómo cada sistema evaluaba criterios similares, considerando que LEED y BREEAM no utilizan nomenclaturas idénticas, pero si parecidas. Este análisis permitió establecer una base para la comparación y el análisis coherente.

### ***3.7.5. Identificación de fortalezas y debilidades del proyecto***

Con base en los puntajes registrados, se identificaron las áreas en las que el proyecto obtuvo mayor reconocimiento por parte de ambos sistemas, así como las categorías donde las puntuaciones fueron más bajas. Este paso fue clave para orientar las futuras estrategias de mejora.

### ***3.7.6. Síntesis del apartado de resultados***

Se redactó el segundo apartado de resultados, destacando de forma técnica pero clara la comparación de puntuaciones y la interpretación de las implicaciones que estas tienen para la sostenibilidad del proyecto.

Finalmente se realizó un cuadro resumen en donde cada apartado tenía adjunto su nivel de puntuación promedio alcanzado entre las 2 certificaciones y su respectiva consideración. Esta información sirvió como base para elaborar propuestas específicas en el siguiente fragmento de resultados.

## **3.8. Procedimiento para la elaboración de las propuestas y estrategias sostenibles**

Para formular propuestas viables orientadas a mejorar el desempeño del conjunto habitacional Si Vivienda frente a los criterios de evaluación de las certificaciones LEED y BREEAM, se diseñó un proceso metodológico basado en el análisis crítico de resultados y la identificación de oportunidades de mejora. A continuación, se detallan los pasos realizados:

### ***3.8.1. Identificación de categorías con menor puntuación***

A partir del análisis comparativo de las puntuaciones obtenidas por el proyecto Si Vivienda en ambas certificaciones, se identificaron las categorías donde el conjunto habitacional

presentó un desempeño bajo o limitado. Estas áreas críticas se convirtieron en el foco principal para proponer mejoras.

### ***3.8.2. Análisis de la factibilidad de implementación en vivienda social***

Para cada propuesta, se realizó un análisis contextual orientado a determinar su viabilidad técnica, económica y social dentro del entorno de un proyecto de vivienda social como Si Vivienda. Se consideraron factores como los recursos locales, la normativa ecuatoriana vigente y las condiciones climáticas de Manta.

### ***3.8.3. Elaboración de propuestas técnicas específicas***

Con base a los análisis anteriores, se desarrollaron propuestas puntuales que se enfocaron en los criterios analizados, y por cada criterio se propusieron categorías de ideas en cada una de estas de la siguiente manera:

#### **3.8.3.1. Energía y Atmósfera**

- Incorporación de energías renovables
- Sistemas pasivos de climatización
- Uso de equipos eficientes

#### **3.8.3.2. Salud y Bienestar**

- Aprovechamiento de la iluminación natural
- Control de calidad del aire interior
- Diseño bioclimático para confort térmico
- Espacios saludables

#### **3.8.3.3. Materiales y Recursos**

- Uso de materiales con bajo impacto ambiental.
- Evaluación del ciclo de vida (ACV)

- Sistemas industrializados y modulares

#### **3.8.3.4. Uso y Gestión del Agua**

- Instalación de griferías y sanitarios eficientes
- Sistemas de recolección de aguas lluvias
- Reutilización de aguas grises

#### **3.8.3.5. Gestión**

- Manual de operación y mantenimiento sostenible
- Sistema de monitoreo de consumos
- Capacitación a usuarios

#### **3.8.3.6. Gestión de Residuos**

- Plan integral de residuos de construcción
- Puntos de reciclaje dentro del conjunto habitacional
- Campañas de educación ambiental

#### **3.8.3.7. Localización y Transporte**

- Fomentar la movilidad activa
- Articulación con transporte público
- Servicios integrados cercanos

#### **3.8.4. Redacción del tercer apartado de resultados**

Finalmente, se redactó la conclusión correspondiente a las estrategias propuestas, señalando explícitamente cómo cada propuesta contribuiría a mejorar el puntaje en LEED o BREEAM. Se priorizó un enfoque realista y adaptado al contexto local.

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1. Comparación entre las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

En consecuencia, del estudio de estas 3 certificaciones es posible realizar un análisis comparativo entre cada una de estas. La comparación se realizó teniendo en cuenta los siguientes parámetros: enfoque general, ámbito de aplicación, metodología de evaluación, criterios de evaluación, niveles de certificación, costo y accesibilidad y beneficios, para esto se realizaron los siguientes cuadros comparativos que analizan de manera más didáctica y resumida los parámetros antes dichos.

##### 4.1.1. Cuadros Comparativos de Certificaciones Sostenibles: LEED, BREEAM y EDGE

La siguiente (**Tabla 1**), muestra una comparativa en el enfoque general de las certificaciones (LEED, BREEAM y EDGE).

**Tabla 1** Enfoque general de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| <b>Criterio</b>        | <b>LEED</b>   | <b>BREEAM</b>   | <b>EDGE</b>  |
|------------------------|---|---|--|
| <b>Enfoque general</b> | Evaluación integral de la sostenibilidad de edificios mediante categorías de eficiencia energética, agua, materiales y calidad del ambiente interior. | Análisis holístico del impacto ambiental y sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida del edificio. | Optimización de recursos en edificaciones, con énfasis en eficiencia energética, hídrica y materiales. |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

#### 4.1.1.1. **Ámbito de aplicación**

Este parámetro mostrado en la (**Tabla 2**), se refiere al tipo y alcance de proyectos en los que puede implementarse cada sistema de certificación. Las subcategorías consideradas incluyen:

- Tipología de edificaciones admitidos
- Cobertura geográfica
- Requisitos de certificación por tipología

**Tabla 2** **Ámbito de aplicación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE**

| <b>Aspectos Evaluados</b>   | <b>LEED</b>  | <b>BREEAM</b>   | <b>EDGE</b>   |
|---|--|---|---|
| <b>Tipos de edificaciones que evalúa</b>                              | ✓ Residencial, comercial, institucional, industrial, interiores, barrios y ciudades  | ✓ Amplia gama: residencial, oficinas, comercio, educación, salud, infraestructura | ✓ Residencial (vivienda nueva), oficinas, comercio, hoteles, hospitales                     |
| <b>Cobertura geográfica</b>   | ✓ Internacional (aunque más extendido en EE. UU. y Latinoamérica)                    | ✓ Amplia presencia en Europa, con expansión global progresiva                     | ✓ Diseñado para países en desarrollo, con fuerte presencia en Asia, África y América Latina |
| <b>Requisitos de certificación por tipología (residencial/social)</b> | ✗ Exigencias altas incluso para vivienda, poco adaptado a vivienda de interés social | ✗ Similar a LEED, con procesos técnicos extensos y verificaciones rigurosas       | ✓ Requiere mínimos técnicos alcanzables (20% de ahorro en agua, energía y materiales)       |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

El análisis comparativo del ámbito de aplicación revela que LEED y BREEAM ofrecen una cobertura más amplia en cuanto a tipos de edificaciones y fases del ciclo de vida, siendo adecuadas para proyectos de gran escala y complejidad. Sin embargo, presentan barreras técnicas y económicas para su aplicación en viviendas de interés social. En contraste, EDGE muestra una orientación clara hacia este tipo de vivienda, con requisitos más accesibles, enfoque en nuevas construcciones y fuerte adaptabilidad en contextos de países en desarrollo.

#### 4.1.1.2. Metodología de evaluación

Este parámetro (**Tabla 3**), describe cómo se estructura el proceso de evaluación para obtener la certificación. Incluye aspectos como:

- La etapa de aplicación
- El tipo de herramientas utilizadas (plataformas digitales o software especializado)
- La presencia de revisores certificados
- Sistemas de puntuación o créditos

**Tabla 3** Metodología de la evaluación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| Aspectos Evaluados                      | LEED   | BREEAM                                      | EDGE   |
|---|--|---|--|
| <b>Evaluación en múltiples etapas</b>   | ✓ Diseño, construcción y operación               | ✓ Etapa de diseño y posconstrucción         | ✓ Diseño y auditoría final en obra               |
| <b>Sistema de puntuación o créditos</b> | ✓ Sistema de créditos acumulables por categorías | ✓ Sistema de puntuación ponderada por áreas | ✗ Comparación porcentual respecto a un caso base |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Uso de herramientas digitales especializadas</b>        | ✓ LEED Online y software de modelado      | ✓ Plataforma BREEAM específica según tipo de edificio | ✓ EDGE App con motor de cálculo integrado               |
| <b>Participación de revisores o auditores certificados</b> | ✓ GBCI revisa la documentación presentada | ✓ Revisión por Assessor BREEAM acreditado             | ✓ Auditor EDGE certificado realiza revisión y auditoría |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

Las tres certificaciones LEED, BREEAM y EDGE incorporan metodologías estructuradas para la evaluación del desempeño sostenible, pero difieren en su complejidad y enfoque. LEED y BREEAM se apoyan en sistemas de puntuación basados en créditos y pesos, que requieren un alto nivel de documentación técnica y el uso de plataformas específicas. Además, incluyen etapas de evaluación que abarcan desde el diseño hasta la operación. En cambio, EDGE simplifica el proceso mediante una herramienta digital de cálculo comparativo contra un caso base, evaluando únicamente en dos etapas (diseño y auditoría final).

#### 4.1.1.3. Niveles de certificación

Esta categoría se refiere a los rangos o escalas que cada sistema establece para clasificar el desempeño sostenible de un proyecto (**Tabla 4**). Se analizan elementos como:

- La existencia de diferentes niveles de reconocimiento
- La flexibilidad del sistema para escalar en la calificación
- La claridad de los criterios establecidos.

**Tabla 4** Niveles de certificación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| Aspectos Evaluados  | LEED                               | BREEAM  | EDGE                                   |
|---|------------------------------------|---|--|
| <b>Niveles de certificación</b>                             | ✓ Certificado, Plata, Oro, Platino | ✓ Pasar, Bueno, Muy Bueno, Excelente, Excepcional | ✓ Básico, Plata, Oro                   |
| <b>La certificación es escalonada según puntos/créditos</b> | ✓ Según puntos acumulados          | ✓ Según puntuación porcentual                     | ✓ Según porcentaje de ahorro alcanzado |
| <b>El nivel más alto representa el máximo estándar</b>      | ✓ Sí                               | ✓ Sí  | ✓ Sí                                   |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

Las tres certificaciones establecen niveles escalonados que permiten reconocer distintos grados de sostenibilidad en los proyectos evaluados. LEED y BREEAM cuentan con un sistema detallado de niveles que premian el logro progresivo de créditos o puntuaciones específicas, incentivando mejoras continuas. EDGE simplifica esta estructura, basando sus niveles en porcentajes de ahorro energético y de recursos.

#### 4.1.1.4. Criterios de evaluación

Este parámetro agrupa los elementos técnicos y temáticos que cada certificación analiza para valorar la sostenibilidad de un proyecto. Se consideran subcategorías como el uso eficiente de energía, gestión del agua, materiales sostenibles, calidad ambiental interior, gestión de residuos, y el impacto del sitio y transporte; mostrado en la siguiente (**Tabla 5**).

**Tabla 5** Criterios de evaluación de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| <b>Aspectos Evaluados</b>                               | <b>LEED</b>  | <b>BREEAM</b>  | <b>EDGE</b>  |
|---|--|--|--|
| <b>Consideración de eficiencia energética</b>           | ✓ Energía y atmósfera  | ✓ Energía  | ✓ Energía  |
| <b>Inclusión de criterios de uso eficiente del agua</b> | ✓ Agua potable   | ✓ Agua   | ✓ Agua   |
| <b>Evaluación de materiales y recursos</b>              | ✓ Materiales y recursos  | ✓ Materiales sostenibles   | ✓ Energía en materiales  |
| <b>Evaluación del ambiente interior</b>                 | ✓ Calidad del ambiente interior (IAQ “Indoor Air Quality” calidad del aire interior, confort, iluminación natural) | ✓ Salud y bienestar (iluminación, ventilación, confort acústico) | ✗ No evalúa ambiente interior específicamente                  |
| <b>Inclusión de aspectos de gestión y mantenimiento</b> | ✓ Innovación y proceso integrativo   | ✓ Gestión del edificio y uso posterior                           | ✗ Enfocado solo en diseño y construcción                       |
| <b>Consideración del impacto del sitio y transporte</b> | ✓ Ubicación y transporte, sitios sustentables  | ✓ Uso del suelo, ecología y transporte                           | ✗ No contempla criterios relacionados al sitio o accesibilidad |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

Las certificaciones LEED y BREEAM presentan una estructura de evaluación más integral y multidimensional al abordar una amplia gama de categorías, incluyendo energía, agua, materiales, salud interior, gestión y emplazamiento. EDGE, por su parte, adopta un enfoque más simplificado, centrado principalmente en la eficiencia de energía, agua y materiales, pero menos robusto en aspectos como la calidad del ambiente interior o el impacto del sitio.

#### 4.1.1.5. Beneficios

Esta categoría contempla las ventajas que ofrece cada certificación tanto para los usuarios como para los desarrolladores. Se incluyen beneficios como el ahorro energético y de agua, acceso a incentivos del valor reputacional y comercial del proyecto, mejora la calidad del ambiente interior, y reducción de impactos ambientales a largo plazo (**Tabla 6**).

**Tabla 6** Beneficios de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| Aspectos Evaluados  | LEED  | BREEAM   | EDGE   |
|---|---|--|--|
| <b>Ahorro en consumo energético y de agua</b>                   | ✓ Reducción significativa del consumo mediante estrategias integradas | ✓ Mejora la eficiencia de recursos con enfoque técnico y ambiental | ✓ Ahorros demostrables en energía, agua y materiales                 |
| <b>Incentiva el valor comercial y reputacional del proyecto</b> | ✓ Aumenta el valor de mercado y la imagen sostenible del inmueble     | ✓ Mejora el posicionamiento ambiental y valor reputacional         | ✓ Revalorización por menor costo operativo y sello de sostenibilidad |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Calidad del ambiente interior</b>   | ✓ Promueve bienestar, ventilación, confort térmico y lumínico | ✓ Fomenta confort y salud mediante criterios ambientales y sociales  | ✗ No profundiza en calidad ambiental interior                    |
| <b>Impacto ambiental a largo plazo</b> | ✓ Enfoque integral con visión de ciclo de vida del edificio   | ✓ Considera impacto ambiental, social y económico de forma holística | ✓ Reducción directa de huella ambiental con bajo costo adicional |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

Las certificaciones sostenibles LEED, BREEAM y EDGE ofrecen beneficios sustanciales tanto en términos ambientales como económicos, pero con enfoques diferenciados. LEED y BREEAM presentan ventajas más amplias relacionadas con el confort interior, la calidad ambiental y el prestigio del inmueble, lo que las convierte en herramientas integrales para proyectos con altos estándares de sostenibilidad. En cambio, EDGE se orienta más hacia la eficiencia económica y operativa, con énfasis en la reducción comprobada de consumos.

#### 4.1.1.6. Costo y accesibilidad

Esta categoría analiza los aspectos relacionados con el costo económico, el proceso de certificación y la facilidad de implementación de cada sistema, (**Tabla 7**). Se consideran factores como los costos de registro y certificación, la necesidad de consultores o especialistas acreditados, también se evalúa qué tan accesibles son las herramientas y plataformas digitales necesarias para el proceso.

**Tabla 7** Costo y accesibilidad de las certificaciones LEED, BREEAM y EDGE

| <b>Aspectos Evaluados</b>                   | <b>LEED</b>  | <b>BREEAM</b>   | <b>EDGE</b>  |
|---|--|---|--|
| <b>Costos de certificación</b>              | ✓ Altos costos de registro, revisión y consultoría                 | ✓ Costos elevados según el esquema y complejidad del proyecto | ✗ Costos más bajos, pensada para países en desarrollo          |
| <b>Exige asesoría técnica especializada</b> | ✓ Necesita consultores y modeladores certificados                  | ✓ Requiere Assessor BREEAM acreditado                         | ✓ Auditor EDGE, pero con plataforma sencilla de autoevaluación |
| <b>Herramientas digitales gratuitas</b>     | ✗ Herramientas como LEED Online requieren membresía                | ✗ Plataforma BREEAM es cerrada y de pago                      | ✓ EDGE App gratuita y accesible desde cualquier navegador      |
| <b>Proceso de certificación</b>             | ✓ Tiene varias vías de certificación (LEED BD+C, LEED Homes, etc.) | ✓ Múltiples esquemas según uso del edificio                   | ✓ Simplificado en 3 etapas con menor carga administrativa      |

Fuente: Propia creada a partir de la información colectada

Al analizar el costo y la accesibilidad de las certificaciones sostenibles, se evidencia una clara diferencia en el enfoque de cada sistema. LEED y BREEAM, aunque altamente reconocidos a nivel internacional, implican costos elevados tanto en la etapa de registro como en la asesoría técnica especializada requerida. En contraste, EDGE ha sido desarrollado precisamente para responder a estas limitaciones, ofreciendo un proceso más asequible, simplificado y con herramientas digitales gratuitas, lo que lo convierte en una opción altamente viable para países en desarrollo y sectores de bajos ingresos.

#### **4.1.2. Resumen conclusivo de la comparación entre LEED, BREEAM y EDGE**

La evaluación comparativa de los sistemas de certificación LEED, BREEAM y EDGE revela que, si bien todos comparten el objetivo común de promover edificaciones más sostenibles y eficientes, difieren significativamente en su enfoque técnico, metodologías y aplicación.

- LEED se destaca por su enfoque integral y detallado, con un sistema de créditos que abarca múltiples categorías y etapas del proyecto, respaldado por normativas internacionales como ASHRAE.
- BREEAM, por su parte, ofrece una estructura flexible y adaptativa, con fuerte énfasis en la ponderación por categorías y la contextualización nacional, lo que permite ajustar sus exigencias a distintas realidades.
- En cambio, EDGE adopta un enfoque más simplificado y tecnológico, basado en mejoras porcentuales con respecto a un caso base, lo cual facilita su aplicación mediante herramientas digitales automatizadas.

Además, existen diferencias marcadas en los niveles de certificación, donde LEED y BREEAM utilizan esquemas de puntuación escalonada, mientras que EDGE se basa en metas cuantificables de ahorro. En términos de costos y accesibilidad, LEED y BREEAM tienden a requerir mayores inversiones y soporte técnico especializado, lo cual los hace más exigentes, en cambio, EDGE ofrece un modelo más accesible y directo.

En conjunto, estos sistemas reflejan distintas estrategias para abordar la sostenibilidad en construcciones, y su elección depende de las prioridades del proyecto, los recursos disponibles, el contexto normativo y el alcance deseado en términos de desempeño ambiental y reconocimiento internacional.

## **4.2. Resultados de la evaluación del conjunto habitacional “Si Vivienda” Manta**

En este acápite se presentan los resultados obtenidos a partir de la evaluación técnica del conjunto habitacional “Si Vivienda” de la ciudad de Manta, bajo los estándares de las certificaciones sostenibles LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Como se dijo anteriormente en la metodología el análisis se basará en una investigación previa realizada como parte del proyecto de investigación “Estudio habitabilidad de viviendas de interés social en Manabí” del cual ha sido publicado el artículo: “Análisis de sostenibilidad mediante las certificaciones BREEAM y LEED en viviendas de interés social en Manabí.”, con autoría de (Gilces Demera & Domínguez Gutiérrez, 2024); la presente investigación forma parte del mencionado proyecto de investigación.

### ***4.2.1. Análisis de los resultados de la evaluación del conjunto habitacional***

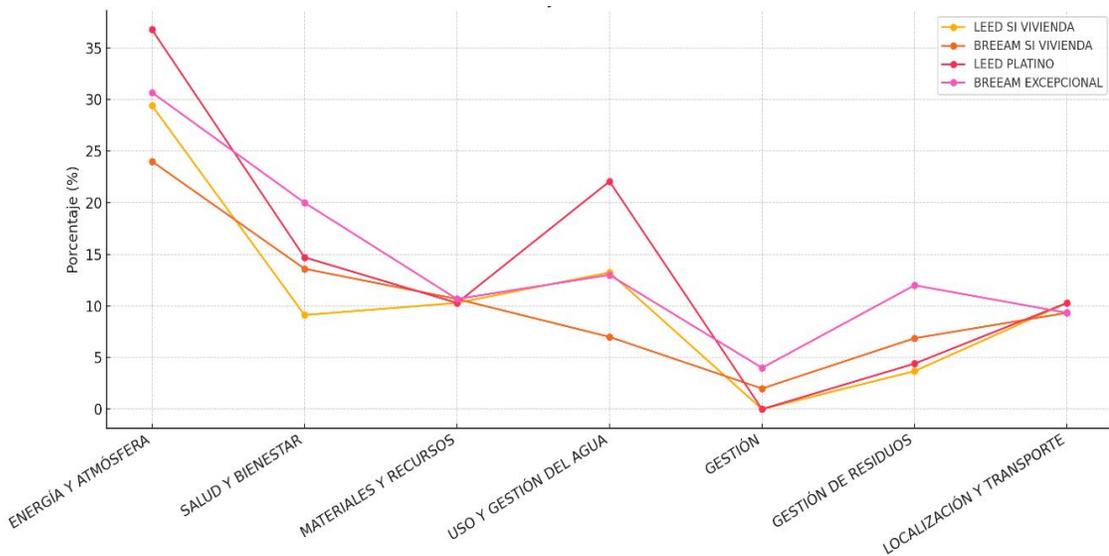
El objetivo de esta sección es determinar el nivel actual de sostenibilidad del proyecto en su estado base, sin la aplicación de mejoras o estrategias adicionales. Este análisis permite reconocer las fortalezas y debilidades del diseño en relación con la eficiencia energética, el manejo del agua, los materiales, la calidad ambiental interior y otros aspectos relevantes.

Asimismo, se identifican las categorías que presentan un menor grado de cumplimiento, lo cual orientará la formulación de propuestas de mejora específicas en las secciones siguientes.

El enfoque metodológico utilizado permite no solo cuantificar el desempeño sostenible del proyecto, sino también establecer un marco de referencia para contrastar los beneficios de las estrategias propuestas en términos de aumento en la puntuación global de las certificaciones.

#### 4.2.2. Comparación de puntuaciones de las certificaciones LEED y BREEAM en diversas categorías de sostenibilidad para el proyecto Si Vivienda de la ciudad de Manta

En la siguiente figura se presenta un análisis comparativo del desempeño del conjunto habitacional evaluado bajo los esquemas de certificación LEED y BREEAM. En ella se visualizan las puntuaciones obtenidas en distintas categorías clave, tales como energía y atmósfera, uso y gestión del agua, localización y transporte, materiales y recursos, gestión, gestión de residuos, y salud y bienestar.



**Figura 6** Comparación de las puntuaciones de Certificaciones LEED y BREEAM en "Si Vivienda"

Fuente: Propia creada a partir de la investigación de (Gilces Demera & Domínguez Gutiérrez, 2024).

Esta comparación permite identificar en qué áreas el proyecto alcanza un mayor nivel de cumplimiento con los criterios de sostenibilidad establecidos por cada certificación, evidenciando fortalezas y oportunidades de mejora y propuestas específicas según el enfoque metodológico de cada sistema. De esta manera los criterios de “Energía y Atmósfera” y “Salud y bienestar” son en los que se obtiene mayor puntuación, quedando con menor presencia lo

relacionado con la “Gestión” y la “Gestión de Recursos”. Además, proporciona una base objetiva para la posterior formulación de estrategias que potencien la calificación global del proyecto.

### **4.2.3. *Análisis de los resultados conseguidos***

#### **4.2.3.1. Energía y Atmósfera**

Esta categoría presenta una de las puntuaciones más altas dentro del proyecto, con un 29,41% en LEED y un 24,00% en BREEAM, promediando un valor del 26,71%. Si bien estos valores están por debajo de los niveles Platino (36,76%) y Excepcional (30,67%), reflejan un esfuerzo considerable en eficiencia energética.

#### **4.2.3.2. Salud y Bienestar**

El desempeño en esta categoría es bajo en comparación con los niveles máximos: 9,12% (LEED) y 13,60% (BREEAM), promediando un valor de 11,36% frente a los 14,71% y 20,00%, respectivamente.

#### **4.2.3.3. Materiales y Recursos**

Se observa un cumplimiento moderado, con 10,29% (LEED) y 10,67% (BREEAM), promediando 10,48%, levemente por debajo de las certificaciones superiores.

#### **4.2.3.4. Uso y Gestión del Agua**

Con 13,24% (LEED) y 7,00% (BREEAM), y promedio de 10,12%, esta categoría refleja un enfoque relativamente fuerte en LEED, pero débil en BREEAM. Las diferencias pueden deberse a cómo cada sistema pondera este criterio.

#### **4.2.3.5. Gestión**

Tanto en LEED como en BREEAM, el proyecto obtiene un 0,00%, mientras que las certificaciones de referencia alcanzan hasta 4,00%.

#### 4.2.3.6. Gestión de Residuos

Aquí se refleja una diferencia más marcada: 3,68% (LEED) y 6,87% (BREEAM), promediando niveles del 5,27%, frente a los 4,41% y 12,00% de los niveles altos.

#### 4.2.3.7. Localización y Transporte

En esta categoría se obtiene 10,29% en LEED y 9,33% en BREEAM, con promedio de 9,81%, lo cual es comparable con los niveles superiores.

#### 4.2.4. *Análisis de las categorías con menor y mayor puntuación y sus causas*

Al evaluar los resultados obtenidos en el proyecto bajo los criterios de las certificaciones LEED y BREEAM, se identificaron ciertas categorías con puntuaciones significativamente bajas, y otras que cumplen ligeramente con las especificaciones lo cual evidencia limitaciones en áreas clave de sostenibilidad.

De esta manera en la siguiente (**Tabla 8**) se realizó un cuadro resumen para especificar de mejor manera las categorías con su puntuación promediada:

**Tabla 8** Categorías con su puntuación promedio y consideración

| CATEGORÍA                                 | CONSIDERACIÓN  |
|---|--|
| <b>Energía y<br/>Atmósfera<br/>26,71%</b> | El proyecto ha incorporado ciertas medidas de ahorro energético, pero aún existe una brecha que puede cerrarse con tecnologías más avanzadas o estrategias de operación más eficientes.                                    |
| <b>Salud y<br/>Bienestar<br/>11,36%</b>   | Se evidencia limitaciones en cuanto a iluminación natural, ventilación adecuada, confort térmico y calidad del aire interior. Mejorar estos aspectos puede elevar significativamente la calidad de vida de los residentes. |

|   |   |
|---|---|
| <b>Materiales y Recursos</b><br>10,48%    | El proyecto ha logrado integrar criterios básicos en la selección de materiales, pero podría reforzarse el uso de materiales reciclados, locales o con baja huella de carbono para aumentar la puntuación.                  |
| <b>Uso y Gestión del Agua</b><br>10,12%   | La implementación de tecnologías de bajo consumo y reutilización de agua puede potenciar el puntaje en ambos sistemas.  |
| <b>Gestión</b><br>0%                      | Esta categoría, generalmente vinculada a la documentación, supervisión y políticas de mantenimiento sostenible, es una oportunidad crítica de mejora, especialmente si se busca una sostenibilidad operativa a largo plazo. |
| <b>Gestión de Residuos</b><br>5,27%       | Aunque existen estrategias básicas para la gestión de residuos, es probable que el proyecto no contemple aún un sistema integral para residuos de construcción, reciclaje o educación ambiental a los residentes.           |
| <b>Localización y Transporte</b><br>9,81% | Sugiere que el proyecto se encuentra bien ubicado respecto a servicios, transporte público o redes urbanas, lo que le otorga una ventaja sostenible significativa en términos de movilidad y accesibilidad.                 |

Fuente: Propia creada a partir de resultados

### 4.3. Propuestas y estrategias sostenibles

A partir de estos resultados, se identifican las categorías con menor nivel de cumplimiento, lo cual constituye un punto de partida para el desarrollo de estrategias sostenibles orientadas a mejorar la calificación del conjunto habitacional.

De igual forma para las categorías que cumplen ligeramente los estándares igual se contemplan propuestas que aumentarán la calificación y por ende la mejora sostenible en el conjunto.

Estas estrategias, además de ser técnica y económicamente viables, buscan adecuarse al contexto de la vivienda de interés social, donde las limitaciones presupuestarias, normativas y operativas representan desafíos importantes.

#### **4.3.1. Energía y Atmósfera**

- **Incorporación de energías renovables:** Promover el uso de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala para zonas comunes o unidades individuales.
- **Sistemas pasivos de climatización:** Implementar ventilación cruzada y sombreadamiento natural como estrategias de diseño pasivo.
- **Uso de equipos eficientes:** Fomentar la instalación de electrodomésticos y luminarias con etiqueta energética clase A o superior.

#### **4.3.2. Salud y Bienestar**

- **Aprovechamiento de la iluminación natural:** Rediseñar la orientación y distribución de espacios para maximizar el ingreso de luz solar, así como la disposición y dimensiones de los vanos en fachadas.
- **Control de calidad del aire interior:** Seleccionar pinturas, adhesivos y acabados con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV). Así como rediseñar la dimensión y disposición de los vanos en fachadas. De la misma forma implementar ventilación cruzada.
- **Diseño bioclimático para confort térmico:** Evaluar estrategias como patios interiores, aleros, vegetación y ventilación natural para mejorar la habitabilidad. Rediseñar la disposición y dimensión de los vanos en fachadas.
- **Espacios saludables:** Incluir áreas verdes y espacios comunes que promuevan la actividad física y el bienestar psicológico.

#### 4.3.3. *Materiales y Recursos*

- **Uso de materiales con bajo impacto ambiental:** Priorizar materiales reciclados, reutilizados o provenientes de fuentes locales.
- **Evaluación del ciclo de vida (ACV):** Aplicar criterios de durabilidad, mantenimiento y reciclabilidad de los materiales empleados.
- **Sistemas industrializados y modulares:** Fomentar el uso de componentes prefabricados que generen menos residuos y mejor control de calidad.

#### 4.3.4. *Uso y Gestión del Agua*

- **Instalación de griferías y sanitarios eficientes:** Utilizar equipos con certificación de bajo consumo de agua.
- **Sistemas de recolección de aguas lluvias:** Integrar tecnologías para almacenamiento y uso no potable (riego, limpieza).
- **Reutilización de aguas grises:** Estudiar la viabilidad de pequeños sistemas para el tratamiento y reutilización dentro de la unidad de vivienda, como el mismo uso de las aguas lluvias recolectadas.

#### 4.3.5. *Gestión*

- **Manual de operación y mantenimiento sostenible:** Elaborar un documento que detalle prácticas eficientes para los ocupantes y administradores.
- **Sistema de monitoreo de consumos:** Instalar medidores individuales o comunitarios para agua, electricidad y gas, fomentando la conciencia ambiental.
- **Capacitación a usuarios:** Implementar talleres o guías prácticas sobre hábitos sostenibles en el uso cotidiano de la vivienda.

#### **4.3.6. *Gestión de Residuos***

- **Plan integral de residuos de construcción:** Incluir una estrategia para clasificación y manejo desde la fase de obra.
- **Puntos de reciclaje dentro del conjunto habitacional:** Habilitar estaciones accesibles y bien señalizadas para separación de residuos sólidos.
- **Campañas de educación ambiental:** Desarrollar iniciativas comunitarias para promover la correcta separación y disposición de residuos domésticos.

#### **4.3.7. *Localización y Transporte***

- **Fomentar la movilidad activa:** Incorporar infraestructura para bicicletas y rutas peatonales seguras.
- **Articulación con transporte público:** Asegurar accesibilidad a líneas de bus o estaciones a corta distancia, preferiblemente a menos de 500 m.
- **Servicios integrados cercanos:** Potenciar la cercanía a escuelas, mercados, centros de salud y espacios recreativos, reduciendo la necesidad de transporte motorizado.

Esta serie de medidas correctivas y de mejora, organizadas por áreas clave (energía, agua, materiales, salud y bienestar, entre otras), se realizaron con el fin de establecer un camino claro hacia el cumplimiento de mayores estándares de sostenibilidad y calidad habitacional.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

Se identificó que la aplicación de certificaciones sostenibles en conjuntos de vivienda de interés social en América Latina, y particularmente en Ecuador, aún es limitada. A pesar de que en el contexto urbanístico se quiera promover edificaciones más sostenibles, aún existen obstáculos técnicos, económicos y de gestión que dificultan la implementación plena de sistemas de certificación como LEED, BREEAM y EDGE. Sin embargo, si se pudo ver una creciente apertura para adaptar estas certificaciones a contextos de vivienda de interés social.

La evaluación comparativa de los sistemas de certificación LEED, BREEAM y EDGE revela que, si bien todos comparten el objetivo común de promover edificaciones más sostenibles y eficientes, difieren significativamente en su enfoque técnico, metodologías y aplicación. La Certificación LEED se destaca por su enfoque integral y detallado, con un sistema de créditos que abarca múltiples categorías y etapas del proyecto, respaldado por normativas internacionales como ASHRAE. Por su parte la Certificación BREEAM, ofrece una estructura flexible y adaptativa, con fuerte énfasis en la ponderación por categorías y la contextualización nacional, lo que permite ajustar sus exigencias a distintas realidades. En cambio, la Certificación EDGE adopta un enfoque más simplificado y tecnológico, basado en mejoras porcentuales con respecto a un caso base, lo cual facilita su aplicación mediante herramientas digitales automatizadas.

Además, existen diferencias marcadas en los niveles de certificación, donde LEED y BREEAM utilizan esquemas de puntuación escalonada, mientras que EDGE se basa en metas cuantificables de ahorro. En términos de costos y accesibilidad, LEED y BREEAM tienden a

requerir mayores inversiones y soporte técnico especializado, lo cual los hace más exigentes, en cambio, EDGE ofrece un modelo más accesible y directo.

En conjunto, estos sistemas reflejan distintas estrategias para abordar la sostenibilidad en construcciones, y su elección depende de las prioridades del proyecto, los recursos disponibles, el contexto normativo y el alcance deseado en términos de desempeño ambiental y reconocimiento internacional.

El conjunto habitacional evaluado mostró un cumplimiento parcial frente a los criterios establecidos por las certificaciones LEED y BREEAM. El análisis por categorías revela que el proyecto habitacional presenta avances importantes en áreas como energía y atmósfera y localización y transporte, destacándose por su eficiencia energética moderada y su ubicación estratégica que favorece la movilidad sostenible. Sin embargo, se identifican deficiencias significativas en categorías clave como: gestión, salud y bienestar, y gestión de residuos, donde la falta de estrategias limita su desempeño sostenible. El bajo puntaje en materiales y recursos y uso y gestión del agua indica que, si bien se han adoptado criterios básicos, aún existe un amplio margen de mejora mediante la incorporación de tecnologías eficientes, políticas de mantenimiento, educación ambiental y selección de materiales sostenibles.

A partir del diagnóstico y del análisis en el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad, se propusieron estrategias viables técnica y económicamente, que permiten mejorar la calificación de este tipo de conjuntos habitacionales. Estas estrategias no solo mejoran la puntuación en certificaciones, sino que también contribuyen a la mejora de la calidad de vida de los residentes y a la reducción del impacto ambiental del proyecto.

De manera general se concluye que sí es posible proponer estrategias sostenibles viables que mejoren la calificación en certificaciones como LEED y BREEAM en conjuntos de vivienda

social, siempre que se consideren las condiciones locales y se prioricen soluciones integrales que equilibren lo técnico, ambiental, social y económico.

## **5.1. RECOMENDACIONES**

Se recomienda integrar criterios de sostenibilidad desde las primeras etapas de diseño y planificación de proyectos de viviendas de interés social, así como fomentar políticas públicas que incentiven la obtención de certificaciones como LEED o BREEAM adaptadas a la realidad local.

Incorporar estrategias sostenibles de bajo costo y alto impacto, como soluciones pasivas de iluminación y ventilación, sistemas de captación de agua de lluvia, uso de vegetación nativa y materiales con menor huella ambiental. Estas acciones no requieren una inversión excesiva y pueden tener un efecto significativo en el desempeño ambiental del conjunto.

Profundizar en estudios de casos similares en otros contextos del país o de la región, y también incluir evaluaciones que permitan determinar con una mayor precisión la viabilidad económica de las estrategias propuestas.

Se sugiere adaptar los criterios de certificación existentes o desarrollar versiones simplificadas y regionalizadas, de manera que no se excluyan proyectos de interés social del acceso a estos estándares debido a sus diferentes limitaciones.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, D. (2011). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. *Journal of Architecture*, 10.

al, D. e. (2017). *These certifications focus on evaluating the environmental impact of buildings from design to operation, covering aspects like energy efficiency, waste management, and occupant well-being to achieve more sustainable development.*

Alsaeed, M. (09 de 01 de 2024). *RW-DWELL*. Obtenido de <https://www.re-dwell.eu/blog/sustainable-social-housing-a-myth-trend-or-an-inescapable-fait>

ASALDE VARGAS, O. M., & CHAVEZ IGNACIO, W. D. (2020). *COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS ENTRE EDIFICACIONES*. LIMA: Universidad Ricardo Palma.

Baxter-Yiannou, M. (13 de 02 de 2024). *gresb*. Obtenido de [https://www.gresb.com/nl-en/sustainable-improvers-the-future-of-social-housing/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.gresb.com/nl-en/sustainable-improvers-the-future-of-social-housing/?utm_source=chatgpt.com)

*BBVA*. (2022). Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/certificado-edge-construccion-sostenible-en-paises-emergentes/>

Bowen, H. &. (1997). *Water efficiency in sustainable buildings involves minimizing water consumption through technologies like rainwater harvesting, greywater recycling, and low-flow fixtures, ensuring the resource is used responsibly.*

*BREEAM*. (s.f.). Obtenido de <https://breeam.es/esquema-de-certificacion-breeam-vivienda/>

Calderero Panchana, J. A., Panchana Cedeño, R. A., Rodriguez Gámez, M., & Vázquez Pérez, A. (2024). Viviendas Sociales Sostenibles, estudio de caso Manabí. *Boletín científico Ideas y Voces*, 18.

Cedeño, A. S. (2023). *ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE SOSTENIBILIDAD EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: CONJUNTO HABITACIONAL SÍ VIVIENDA*. Manta: ULEAM.

- Conafovi. (2005). *Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. México: CONAFOVI.
- Davis, L., Martinez, S., & Taboeda, B. (2018). *¿Cuán efectiva es la eficiencia energética en vivienda? Evidencia de un experimento de campo en México* .
- Ding. (2008). *Sustainable construction entails the adoption of practices that are not only environmentally responsible but also economically feasible and socially acceptable, ensuring a balance between human development and environmental preservation*.
- Edwards, B. (2014). *Rough Guide to Sustainability: A Design Primer*.
- Elkington, J. (1997). *Sustainability in construction involves balancing environmental, social, and economic dimensions to create buildings that minimize environmental impact, promote social well-being, and remain economically viable*.
- García, L. (2000). *LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD Y SU INTRODUCCIÓN EN LA ENSEÑANZA*. Santander: CPR de Santander. .
- Gibberd, J. (2008). *Sustainable Building Assessment Tool (SBAT): Assessing how buildings meet sustainability objectives*.
- Gilces Demera, J. R., & Domínguez Gutiérrez, J. (2024). Análisis de sostenibilidad mediante las certificaciones BREEAM y LEED en viviendas de interés social en Manabí. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 23.
- Gobierno del Ecuador. (s.f.). Obtenido de PROYECTO HABITACIONAL “SI VIVIENDA” EN MANTA – MANABI SE INAUGURÓ: <https://www.infancia.gob.ec/proyecto-habitacional-si-vivienda-en-manta-manabi-se-inauguro/>
- Gudynas, E. (2004). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Coscoroba.

- Gutiérrez, T. P. (2021). *OBTENCIÓN DE CERTIFICADOS PASSIVHAUSS®, BREEAM® Y WELL® EN ARQUITECTURA DE CONTENEDORES MARÍTIMOS*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- IFC. (2024). Obtenido de <https://www.ifc.org/en/what-we-do/sector-expertise/climate-business/promoting-sustainable-innovation/green-buildings>
- Kilbert. (2016). *Sustainable material use in construction prioritizes the selection of recycled, renewable, or low-carbon materials and aims to reduce transportation impacts by sourcing locally*.
- Kubba, S. (2017). *Handbook of Green Building Design and Construction. LEED, BREEAM and Green Globes*.
- Larsson, C. &. (2002). *Sustainable certifications are systems designed to assess and rate the environmental performance of buildings based on criteria such as energy efficiency, water management, and minimizing the impact on the built environment*.
- León Pinto , M. A., & Loiazaz Gómez, L. G. (2014). *CRITERIOS DE CERTIFICACIÓN LEED EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN BUCARAMANGA*. Bucaramanga.
- Magaña, M. (13 de junio de 2024). *specs*. Obtenido de <https://specs-consultoria.com/blog/que-es-la-certificacion-edge-y-cuales-son-sus-requisitos>
- Muñoz, E. G. (2023). *CERTIFICACIÓN BREEAM®. CASOS EN LOS QUE ES MÁS FAVORABLE y CÓMO EVITAR EL GREEN WASHING*. Madrid : E.T.S. de Edificación – Dep. Construcciones Arquitectónicas y su Control.

- Naboni, E. &. (2013). *Energy efficiency in sustainable construction is about designing buildings that require less energy to operate, through measures like insulation, low-energy systems, and the use of renewable energy sources.*
- Navas, R. (22 de 05 de 2024). *BID Invest*. Obtenido de <https://idbinvest.org/es/blog/infraestructura-social/como-hacemos-casas-que-respeten-el-ambiente-protejan-las-personas-y>
- (2019). *Reference guide for building design and construction* .
- Rojas, A. M. (2011). *INGENIERÍA CIVIL, LIDERAZGO Y CERTIFICACIÓN LEED*. 7.
- Rosillo, M., & Herrera , C. (2019). *CONFORT Y EFICIENCIA ENERGETICA EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES UN EFOQUE PRACTICO*. Cali: Universidad del Valle.
- Sach, I. (1991). *Environnement et gestion de la planète*. Paris: Cahiers Francais. La Documentation Francaise.
- Saez Perez, I. (2010). *Economía y desarrollo sostenible*. Editorial Paraninfo.
- Saura Calixto, P., & Hernandez Prados, M. A. (2008). *LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD Y SU INCIDENCIA EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL*. Murcia: Ediciones Universidad de Salamanca .
- Silva, A. D. (2022). *Manejo y consumo sustentable del agua en la vivienda de interés social en la ciudad de Loja, caso de estudio: Ciudad Alegría*. Loja: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Social Impact across the Built Environment. (2023). *World Green Building Council*.
- Suárez Ortega , L. P., & Rodríguez Herrera, J. J. (2014). *RECOLECCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL Y BAJOS RECURSOS EN*

*EL BARRIO YOMASA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.* Bogotá: Universidad católica de Colombia.

Tan, X. (29 de septiembre de 2015). *worldbank.org*. Obtenido de

<https://blogs.worldbank.org/es/voices/las-ciudades-el-mejor-lugar-para-luchar-por-la-sostenibilidad>

*U.S. Green Building Council*. (s.f.). Obtenido de <https://www.usgbc.org/about/mission-vision>

Weisacker, V. (1986). *Factor 4*. Barcelona: Circulo de lectores.

*WORLD GREEN BUILDING COUNCIL*. (s.f.). Obtenido de <https://worldgbc.org/>