

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA

ANÁLISIS DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y SU APLICACIÓN EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICADO EN EL CANTÓN BALSAS

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

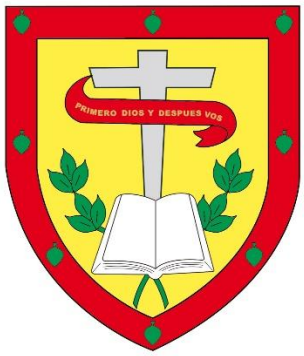
AUTOR: JANNER MIGUEL RAMIREZ MALDONADO

DIRECTOR: JUAN FELIPE QUEZADA MOLINA

CUENCA - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA

ANÁLISIS DE LA CERTIFICACIÓN LEED Y SU APLICACIÓN EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR UBICADO EN EL CANTÓN BALSAS

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR: JANNER MIGUEL RAMIREZ MALDONADO

DIRECTOR: JUAN FELIPE QUEZADA MOLINA

CUENCA - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Janner Miguel Ramirez Maldonado portador de la cédula de ciudadanía Nº 0705762755. Declaro ser el autor de la obra: “Análisis de la certificación LEED y su aplicación en edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 20 de Octubre del 2026



F: ……..

Janner Miguel Ramirez Maldonado

0705762755

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Janner Miguel Ramirez Maldonado, bajo mi supervisión.



Juan Felipe Quezada Molina

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este triunfo, construido con perseverancia, dedicación y constante aprendizaje, se lo dedico de corazón a quienes han sido mi soporte inquebrantable a lo largo de este recorrido académico y personal.

A mi padre, por su guía constante, su respaldo absoluto y por caminar a mi lado en cada instante de este proceso. A mi persona especial, por su amor sincero, su infinita paciencia y por ser ese refugio de paz que me sostuvo durante las jornadas más pesadas y los momentos de mayor exigencia. A mi hermana Dayana, por su complicidad, sus palabras de ánimo y por alegrar este camino.

A toda mi familia, por confiar en mí y formar una red de apoyo indispensable. Este logro lleva el reflejo del esfuerzo de todos ustedes; les agradezco profundamente por estar siempre.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el arquitecto Juan Felipe Quezada Molina, por su valiosa guía, apoyo constante y dedicación a lo largo del desarrollo de este trabajo de titulación. Su conocimiento, compromiso y orientación fueron fundamentales para la culminación de este proceso académico, así como para mi formación profesional y personal. Mi más profunda gratitud por su tiempo, paciencia y su constante impulso durante esta etapa.

RESUMEN

La presente investigación analiza los criterios de sostenibilidad del sistema de certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) aplicables a un edificio multifamiliar residencial ubicado en el cantón Balsas, Ecuador, con el propósito de identificar estrategias orientadas a mejorar sus condiciones de calidad ambiental interior. El estudio se desarrolla a partir de la revisión de los parámetros establecidos por el sistema LEED y su relación con las características arquitectónicas, ambientales y técnicas del caso de estudio seleccionado.

La investigación adopta un enfoque cualitativo, descriptivo y aplicado, sustentado en la revisión bibliográfica y documental relacionada con la sostenibilidad arquitectónica, las certificaciones ambientales y los criterios de Calidad Ambiental Interior (IEQ) establecidos por LEED v4.1. Asimismo, se plantea el análisis de aspectos relacionados con la calidad del aire interior, el control del humo de tabaco, los materiales de bajas emisiones, el confort térmico, la iluminación natural, la calidad de las vistas y el desempeño acústico del edificio

El estudio no busca desarrollar un proceso oficial de certificación LEED, sino analizar la aplicabilidad de criterios específicos de sostenibilidad dentro de un contexto arquitectónico y climático particular. A partir de este análisis, se pretende identificar oportunidades de mejora y establecer recomendaciones que contribuyan al confort, la salud y el bienestar de los ocupantes, así como al fortalecimiento de las condiciones ambientales del edificio. De esta manera, la investigación busca generar una referencia para futuros estudios relacionados con la aplicación de criterios de sostenibilidad y calidad ambiental interior en edificaciones multifamiliares dentro del contexto ecuatoriano.

Palabras clave: sostenibilidad arquitectónica, certificación LEED, edificio multifamiliar, eficiencia energética, desempeño ambiental.

ABSTRACT

This research analyzes the sustainability criteria of the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certification system applicable to a residential multifamily building located in the Balsas Canton-Ecuador, to identify strategies aimed at improving its indoor environmental quality conditions. The study is developed based on the review of the parameters established by the LEED system and their relationship with the architectural, environmental, and technical characteristics of the selected case study.

The research adopts a qualitative, descriptive, and applied approach, supported by a bibliographic and documentary review related to architectural sustainability, environmental certifications, and Indoor Environmental Quality (IEQ) criteria established by LEED v4.1. Likewise, an analysis of aspects related to indoor air quality, environmental tobacco smoke control, low-emitting materials, thermal comfort, daylight, quality of views, and the acoustic performance of the building is proposed..

The study does not seek to develop an official LEED certification process, but rather to analyze the applicability of specific sustainability criteria within a particular architectural and climatic context. Based on this analysis, the aim is to identify opportunities for improvement and establish recommendations that contribute to the comfort, health, and well-being of the occupants, as well as to the strengthening of the building's environmental conditions. In this way, the research seeks to generate a reference for future studies related to the application of sustainability and indoor environmental quality criteria in multifamily buildings within the Ecuadorian context.

Keywords: architectural sustainability, LEED certification, multifamily building, energy efficiency, environmental performance.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN II

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTOS IV

RESUMEN V

ABSTRACT VI

ÍNDICE DE CONTENIDOS - 1 -

LISTA DE FIGURAS - 3 -

LISTA DE TABLAS - 4 -

LISTA DE ANEXOS - 5 -

CAPÍTULO I - 6 -

1. INTRODUCCIÓN - 6 -

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN - 6 -
1.2 ANTECEDENTES - 7 -
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN - 8 -
1.4 OBJETIVOS - 9 -
1.4.1 Objetivo general - 9 -
1.4.2 Objetivos específicos - 9 -

CAPÍTULO II - 3 -

2. MARCO TEÓRICO - 3 -

2.1 SOSTENIBILIDAD EN ARQUITECTURA - 3 -
2.2 CERTIFICACIONES AMBIENTALES EN EDIFICACIONES - 4 -
2.3 CERTIFICACIÓN LEED Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN - 5 -
2.4 SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES - 6 -
2.5 ESTRATEGIAS SOSTENIBLES APLICADAS A EDIFICIOS RESIDENCIALES - 8 -
2.6 ANÁLISIS DE REFERENTES - 9 -
2.6.1 Estrategias de diseño pasivo en edificios residenciales - 9 -
2.7 CATEGORÍA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR (IEQ). - 12 -
2.7.1 Concepto - 12 -
2.7.2 Objetivos de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) - 12 -
2.7.3 Evolución de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) - 14 -
2.7.4 Importancia de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) en edificios residenciales - 15 -
2.8 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CATEGORÍA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR (IEQ) - 17 -
2.8.1 Calidad mínima del aire interior - 17 -
2.8.2 Control del humo del tabaco ambiental - 18 -
2.8.3 Materiales de bajas emisiones - 20 -
2.8.4 Ventilación - 21 -
2.8.5 Confort térmico - 23 -
2.8.6 Iluminación natural - 25 -
2.8.7 Calidad de las vistas - 27 -
2.8.8 Desempeño acústico - 29 -

CAPÍTULO III - 31 -

3. METODOLOGÍA - 31 -

3.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN - 31 -
3.2 ETAPAS A SEGUIR - 32 -
3.2.1 Etapa 1: Caracterización del caso de estudio (Edificio RR) - 32 -
Vista general del edificio multifamiliar - 33 -
Ubicación - 34 -
Planos Arquitectónicos - 34 -
Espacios interiores evaluados - 35 -
3.2.2 Etapa 2: Instrumentos y herramientas de evaluación - 36 -
Materiales e instrumentos - 36 -
Luxómetro - 37 -
Termohigrómetro - 38 -
Sonómetro - 39 -
Cinta métrica - 40 -
Criterio 1: Desempeño mínimo de la calidad del aire interior - 41 -
Criterio 2: Control del humo de tabaco ambiental - 41 -
Criterio 3: Materiales de bajas emisiones - 42 -
Criterio 4: Confort térmico - 43 -
Criterio 5. Iluminación natural - 43 -
Criterio 6. Desempeño acústico - 44 -
Criterio 7. Calidad de las vistas exteriores - 44 -
Plano de ubicación de puntos de medición - 45 -
3.2.1 Fase 3. Análisis e interpretación de la información - 47 -
Datos Obtenidos - 50 -
Criterio 1: Desempeño mínimo de la calidad del aire interior - 50 -
Criterio 2: Control del humo de tabaco ambiental - 50 -
Criterio 3: Materiales de bajas emisiones. - 51 -
Criterio 4: Confort térmico - 51 -
Criterio 5. Iluminación natural - 53 -
Criterio 6. Desempeño acústico - 54 -
Criterio 7. Calidad de vistas - 55 -

CAPÍTULO IV - 56 -

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN - 56 -

4.1 DESEMPEÑO MÍNIMO DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR - 57 -
4.2 CONTROL DEL HUMO DE TABACO AMBIENTAL - 58 -
4.3 MATERIALES DE BAJAS EMISIONES - 58 -
4.4 CONFORT TÉRMICO - 58 -
4.5 ILUMINACIÓN NATURAL - 59 -
4.6 CALIDAD DE VISTAS - 59 -
4.7 DESEMPEÑO ACÚSTICO - 59 -
4.8 ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA SU DESEMPEÑO SOSTENIBLE - 60 -
4.8.1 Mitigación Acústica y Confort Sonoro - 61 -

CAPÍTULO V - 62 -

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES - 62 -

5.1 CONCLUSIONES - 62 -
5.2 RECOMENDACIONES - 63 -

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS - 65 -

ANEXOS - 67 -

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN LEED. - 5 -

FIGURA 2: ESTRATEGIAS DE DISEÑO - 8 -

FIGURA 3: A) VISTA 3D DEL EDIFICIO DEL CASO DE ESTUDIO, B) DISTRIBUCIÓN TÍPICA DE UNA PLANTA Y 3) VISTA DETALLADA DE UNAPLANTA TÍPICA (TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS). - 9 -

FIGURA 4: SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO ADECUADAS PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES - 11 -

FIGURA 5: RENOVACIÓN DEL AIRE INTERIOR - 22 -

FIGURA 6: ESQUEMA SOBRE LA ILUMINACIÓN NATURAL - 25 -

FIGURA 7: ESQUEMA SOBRE CALIDAD DE VISTAS - 27 -

FIGURA 8: ACÚSTICA EN LA ARQUITECTURA - 29 -

FIGURA 9: ETAPAS A SEGUIR - 32 -

FIGURA 10: EDIFICIO RR - 33 -

FIGURA 11: UBICACIÓN - 34 -

FIGURA 12: PLANTA TIPO PARA DEPARTAMENTOS - 34 -

FIGURA 13: DISPOSITIVO LUXÓMETRO - 37 -

FIGURA 14: DISPOSITIVO TERMOHIGRÓMETRO - 38 -

FIGURA 15: DISPOSITIVO SONÓMETRO - 39 -

FIGURA 16: CINTA MÉTRICA - 40 -

FIGURA 17: PLANO CON PUNTOS CODIFICADOS DE UBICACIÓN - 45 -

FIGURA 18: VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE EL PERÍODO DE MEDICIÓN. - 52 -

FIGURA 19: HUMEDAD RELATIVA REGISTRADA DURANTE LAS MEDICIONES - 52 -

FIGURA 20: NIVEL DE ILUMINACIÓN DURANTE LAS MEDICIONES - 53 -

FIGURA 21: NIVEL DE RUIDO - 54 -

FIGURA 22: PROTECCIONES SOLARES EXTERIORES - 60 -

FIGURA 23: RECOMENDACIONES ACÚSTICAS - 61 -

FIGURA 24: DORMITORIO - 77 -

FIGURA 25: SALA - 77 -

FIGURA 26: MEDICIÓN SONÓMETRO - 77 -

FIGURA 27: COCINA - 78 -

FIGURA 28: MEDICIÓN - 78 -

FIGURA 29: LAVANDERÍA - 79 -

FIGURA 30: BALCÓN - 79 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 *:Principales certificaciones ambientales en edificaciones ..... - 5 -*
Tabla 2 *:Categorías de evaluación de la certificación LEED ..... - 6 -*
Tabla 3 *Resumen de los detalles constructivos del edificio objeto de estudio. ..... - 10 -*
Tabla 4 *Resumen de las estrategias pasivas analizadas ..... - 10 -*
Tabla 5 *: Objetivos principales de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) ..... - 13 -*
Tabla 6 *:Evolución de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) en LEED ..... - 15 -*
Tabla 7 *: Requisitos generales del criterio Control del humo de tabaco ..... - 19 -*
Tabla 8 *:Principales materiales con potencial de emisión de contaminantes ..... - 20 -*
Tabla 9 *: Requisitos generales para materiales de bajas emisiones en LEED ..... - 21 -*
Tabla 10 *:Tipos de ventilación aplicables a edificios multifamiliares ..... - 23 -*
Tabla 11 *:Rangos recomendados para el confort térmico ..... - 24 -*
Tabla 12 *Beneficios de la iluminación natural en los espacios interiores ..... - 26 -*
Tabla 13 *Estrategias de la iluminación natural en los espacios interiores ..... - 26 -*
Tabla 14 *Factores que influyen en la calidad de las vistas ..... - 28 -*
Tabla 15 *Principales fuentes de ruido en edificios multifamiliares ..... - 30 -*
Tabla 16 *Caracterización general del edificio multifamiliar ..... - 33 -*
Tabla 17 *Espacios interiores evaluados y variables analizadas ..... - 35 -*
Tabla 18 *Características técnicas del luxómetro utilizado ..... - 37 -*
Tabla 19 *Características técnicas del termohigrómetro utilizado ..... - 38 -*
Tabla 20 *Características técnicas del sonómetro utilizado ..... - 39 -*
Tabla 21 *Formato de ficha ..... - 40 -*
Tabla 22 *Calidad del aire interior ..... - 41 -*
Tabla 23 *Humo de tabaco ambiental ..... - 41 -*
Tabla 24 *Materiales de bajas emisiones ..... - 42 -*
Tabla 25 *Confort térmico ..... - 43 -*
Tabla 26 *Medición con luxómetro ..... - 43 -*
Tabla 27 *Medición con sonómetro ..... - 44 -*
Tabla 28 *Calidad de las vistas exteriores ..... - 44 -*
Tabla 29 *Condiciones de los puntos de medición ..... - 46 -*
Tabla 30 *Datos calidad del aire interior ..... - 50 -*
Tabla 31 *Datos control del humo de tabaco ambiental ..... - 50 -*
Tabla 32 *Datos Materiales de bajas emisiones ..... - 51 -*
Tabla 33 *Registro de temperatura y humedad relativa ..... - 51 -*
Tabla 34 *Registro de Iluminación natural ..... - 53 -*
Tabla 35 *Registro del desempeño acústico ..... - 54 -*
Tabla 36 *Registro de calidad de las vistas ..... - 55 -*
Tabla 37 *Matriz de evaluación ..... - 56 -*

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: *Planta Baja Locales Comerciales* _____ *- 67 -*
Anexo 2: *Planta Alta* _____ *- 67 -*
Anexo 3: *Ficha de observación F-IEQ-01* _____ *- 68 -*
Anexo 4: *Ficha de observación F-IEQ-02* _____ *- 69 -*
Anexo 5: *Ficha de observación F-IEQ-03* _____ *- 70 -*
Anexo 6: *Ficha de observación F-IEQ-04* _____ *- 71 -*
Anexo 7: *Ficha de observación F-IEQ-05* _____ *- 72 -*
Anexo 8: *Ficha de observación F-IEQ-06* _____ *- 73 -*
Anexo 9: *Ficha de observación F-IEQ-07* _____ *- 74 -*
Anexo 10: *Ficha de observación F-IEQ-08* _____ *- 75 -*
Anexo 11: *Ficha de observación F-IEQ-09* _____ *- 76 -*
Anexo 12: *Evidencia de medición* _____ *- 77 -*
Anexo 13: *Evidencias de medición con sonómetro* _____ *- 77 -*
Anexo 14: *Evidencias de medición con luxómetro* _____ *- 78 -*
Anexo 15: *Espacios interiores* _____ *- 79 -*
Anexo 16: *Espacios exterior* _____ *- 79 -*
Anexo 17: *Específicaciones técnicas Luxómetro* _____ *- 80 -*
Anexo 18: *Específicaciones técnicas Sonómetro* _____ *- 81 -*
Anexo 19: *Específicaciones técnicas termohigrómetro* _____ *- 82 -*

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

El sector de la construcción representa una de las actividades con mayor impacto ambiental debido al elevado consumo de energía, agua y materiales, así como por la generación de emisiones contaminantes derivadas de la operación de las edificaciones. Frente a esta problemática, los sistemas de certificación ambiental como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) han adquirido relevancia internacional como herramientas para promover edificaciones más eficientes y sostenibles (UNEP, 2022; USGBC, 2023).

No obstante, en el contexto ecuatoriano, especialmente en proyectos residenciales multifamiliares, la incorporación de criterios de sostenibilidad continúa siendo limitada. En muchos casos, los proyectos arquitectónicos se desarrollan sin estrategias claras relacionadas con eficiencia energética, confort ambiental, ahorro hídrico o selección responsable de materiales, lo que incrementa el impacto ambiental y reduce el desempeño sostenible de las edificaciones.

Además, existe escasa investigación aplicada que analice cómo los criterios de la certificación LEED pueden ser utilizados como herramienta de evaluación y mejora en edificaciones multifamiliares dentro del contexto ecuatoriano. Esta situación limita la generación de referencias técnicas y metodológicas para la incorporación de estándares de sostenibilidad en proyectos residenciales.

En este sentido, surge la necesidad de analizar qué criterios de la certificación LEED pueden aplicarse a un edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas, considerando sus características arquitectónicas, ambientales y constructivas, con el propósito de identificar estrategias orientadas al mejoramiento de su desempeño ambiental y sostenible.

1.2 Antecedentes

La sostenibilidad en arquitectura ha adquirido una creciente relevancia durante las últimas décadas debido a la necesidad de reducir los impactos ambientales generados por el sector de la construcción. Organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente han señalado que las edificaciones representan una parte significativa del consumo energético mundial y de las emisiones de gases de efecto invernadero (UNEP, 2022).

Como respuesta a esta problemática, surgieron distintos sistemas de certificación ambiental orientados a promover edificaciones sostenibles mediante criterios relacionados con eficiencia energética, ahorro de agua, materiales sostenibles y calidad ambiental interior. Entre los sistemas más reconocidos se encuentra LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), desarrollado por el U.S. Green Building Council, utilizado internacionalmente como referencia para la evaluación del desempeño ambiental de las edificaciones (USGBC, 2023).

Diversos estudios relacionados con sostenibilidad arquitectónica han demostrado que la aplicación de estrategias pasivas de diseño y criterios ambientales puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético y a la mejora del confort ambiental en edificaciones residenciales (Kibert, 2016).

En América Latina y Ecuador, el desarrollo de proyectos sostenibles ha incrementado progresivamente; sin embargo, la incorporación de criterios de certificación ambiental en edificaciones multifamiliares todavía presenta limitaciones, especialmente en ciudades intermedias y contextos locales específicos donde existe poca investigación aplicada relacionada con sostenibilidad y evaluación ambiental de edificios residenciales.

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica debido a la necesidad de fortalecer el conocimiento relacionado con sostenibilidad arquitectónica y aplicación de criterios ambientales en edificaciones residenciales multifamiliares dentro del contexto ecuatoriano.

Actualmente, existe una limitada producción académica orientada al análisis aplicado de criterios LEED en proyectos de vivienda multifamiliar desarrollados en ciudades intermedias del país. Esta situación dificulta la generación de referencias técnicas y metodológicas relacionadas con estrategias sostenibles adaptadas a las características arquitectónicas y ambientales de cada contexto.

En este sentido, el estudio busca aportar una aproximación aplicada sobre la utilización de criterios de sostenibilidad de la certificación LEED en un edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas, provincia de El Oro, tomando en consideración las características particulares del caso de estudio.

La investigación no pretende desarrollar una certificación LEED oficial, sino analizar la aplicabilidad de determinados criterios sostenibles relacionados con eficiencia energética, materiales y calidad ambiental interior. De esta manera, el estudio permitirá identificar oportunidades de mejora orientadas al fortalecimiento del desempeño ambiental del edificio.

Asimismo, la investigación puede servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con sostenibilidad arquitectónica y edificaciones multifamiliares dentro del contexto ecuatoriano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar los criterios de la certificación LEED correspondientes a la categoría Calidad del Ambiente Interior aplicables a un edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas, con el fin de identificar oportunidades y formular recomendaciones de mejora orientadas a su desempeño ambiental.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los criterios de evaluación de la categoría Calidad del Ambiente Interior de la certificación LEED aplicables a edificaciones multifamiliares.
- Evaluar las condiciones arquitectónicas y ambientales del edificio multifamiliar en relación con los criterios de Calidad del Ambiente Interior.
- Formular recomendaciones de mejora orientadas al fortalecimiento del desempeño ambiental del edificio, a partir de los resultados obtenidos y de los criterios analizados.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sostenibilidad en Arquitectura

La sostenibilidad en arquitectura surge como respuesta a los impactos ambientales generados por el crecimiento urbano y el desarrollo del sector de la construcción, considerado uno de los principales consumidores de recursos naturales y energía a nivel mundial. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, las edificaciones representan aproximadamente el 37% de las emisiones globales de dióxido de carbono relacionadas con la energía y cerca del 34% de la demanda energética mundial (UNEP, 2022).

Frente a esta problemática, la arquitectura sostenible busca incorporar estrategias orientadas a reducir el impacto ambiental de las edificaciones mediante el uso eficiente de recursos, la optimización energética y la mejora de las condiciones de confort ambiental. De acuerdo con Kibert (2016), la sostenibilidad en arquitectura no se limita únicamente al diseño de edificios eficientes, sino que implica integrar aspectos ambientales, sociales y económicos dentro del proceso constructivo.

Dentro de este enfoque, las estrategias sostenibles incluyen el aprovechamiento de iluminación y ventilación natural, reducción del consumo energético, uso eficiente del agua y selección responsable de materiales de construcción. Asimismo, la arquitectura sostenible promueve el desarrollo de edificaciones capaces de adaptarse a las condiciones climáticas y ambientales del entorno donde se implantan.

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de estrategias sostenibles puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético y a la mejora del desempeño ambiental de las edificaciones residenciales y comerciales (Pomponi & Moncaster, 2017). Además, el desarrollo de tecnologías y normativas relacionadas con eficiencia energética ha fortalecido la implementación de criterios sostenibles dentro del diseño arquitectónico contemporáneo.

2.2 Certificaciones ambientales en edificaciones

Las certificaciones ambientales en edificaciones surgen como herramientas orientadas a evaluar y promover el desempeño sostenible de los proyectos arquitectónicos mediante criterios relacionados con eficiencia energética, ahorro de agua, selección responsable de materiales y calidad ambiental interior.

Durante las últimas décadas, distintos sistemas de certificación han sido desarrollados a nivel internacional con el propósito de reducir el impacto ambiental generado por el sector de la construcción y fomentar prácticas sostenibles dentro del diseño y operación de edificaciones. Entre los sistemas más reconocidos destacan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) y EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies).

LEED, desarrollado por el U.S. Green Building Council, es uno de los sistemas de certificación más utilizados a nivel mundial debido a su enfoque integral de sostenibilidad y evaluación ambiental (USGBC, 2023). Por otro lado, BREEAM, creado en el Reino Unido, se enfoca en la evaluación ambiental de edificaciones mediante criterios relacionados con energía, transporte, materiales y gestión ambiental. Asimismo, EDGE, impulsado por la International Finance Corporation (IFC), prioriza estrategias relacionadas con eficiencia energética, ahorro de agua y reducción de energía incorporada en materiales.

En el ámbito de la construcción sostenible existen diferentes sistemas de certificación que permiten evaluar el desempeño ambiental de las edificaciones desde distintos enfoques. Entre los más reconocidos se encuentran LEED, BREEAM y EDGE, los cuales presentan diferencias en su origen y en los aspectos que priorizan dentro del proceso de evaluación. En la Tabla 1 se resumen las principales características de estas certificaciones, considerando su país de origen y enfoque principal.

Tabla 1 *:Principales certificaciones ambientales en edificaciones*

Certificación	País de origen	Enfoque Principal
LEED	Estados Unidos	Sostenibilidad Integral
BREAM	Reino Unido	Evaluación ambiental
EDGE	IFC/Internacional	Eficiencia energética y ahorro de agua

Fuente: *Elaboración propia*

2.3 Certificación LEED y criterios de evaluación

La certificación LEED es un sistema internacional de evaluación ambiental desarrollado por el U.S. Green Building Council ,con el objetivo de promover edificaciones sostenibles mediante estrategias relacionadas con eficiencia energética, ahorro de agua, materiales sostenibles y calidad ambiental interior.

Desde su creación en 1998, LEED se ha consolidado como uno de los sistemas de certificación ambiental más utilizados a nivel mundial debido a su enfoque integral de sostenibilidad y su aplicación en distintos tipos de edificaciones. El sistema establece categorías de evaluación orientadas a medir el desempeño ambiental de los proyectos arquitectónicos durante sus fases de diseño, construcción y operación (USGBC, 2023).

Las categorías de evaluación LEED incluyen localización y transporte, sitios sostenibles, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior e innovación. Como se muestra en la Figura 1, cada categoría integra prerrequisitos y créditos para evaluar el desempeño sostenible de la edificación.

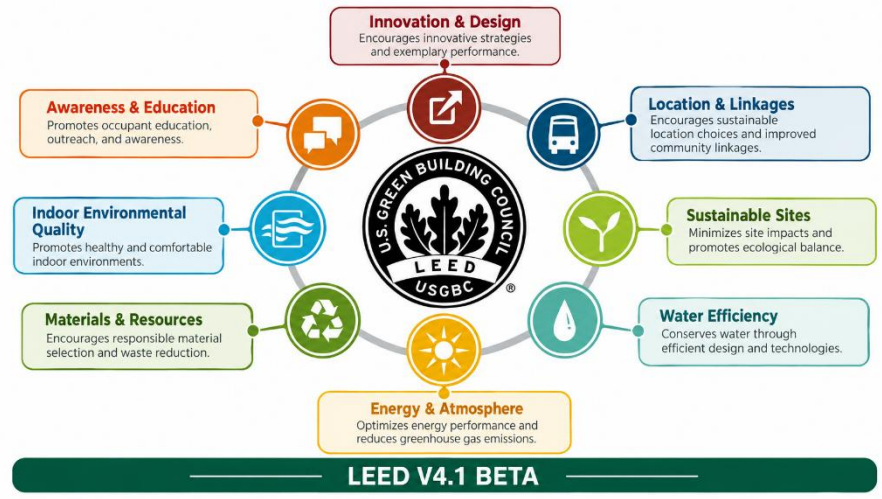


Figura 1: *Categorías de evaluación de la certificación LEED.*

Fuente: U.S. Green Building Council (2023).

Diversos estudios han señalado que la aplicación de criterios LEED puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético y del impacto ambiental de las edificaciones, así como al mejoramiento de las condiciones de confort y calidad ambiental interior (Ding, 2008).

En edificaciones multifamiliares, la utilización de estrategias relacionadas con eficiencia energética, ventilación natural, iluminación natural y optimización de recursos permite fortalecer el desempeño ambiental del edificio y mejorar las condiciones de habitabilidad de los usuarios.

Para complementar la organización general de la certificación LEED, la siguiente tabla presenta las principales categorías de evaluación y resume el enfoque de cada una. Esta clasificación permite comprender qué aspectos del desempeño ambiental y funcional de una edificación son considerados dentro del sistema de certificación.

Tabla 2 *:Categorías de evaluación de la certificación LEED*

Categoria LEED	**Descripción**
Integrative Process	Integración de estrategias sostenibles desde la fase de diseño
Location and Transportation	Relación del edificio con movilidad y accesibilidad
Sustainable Sites	Reducción del impacto ambiental del sitio
Water Efficiency	Optimización y ahorro del consumo de agua
Energy and Atmosphere	Eficiencia energética y reducción del consumo energético
Materials and Resources	Uso responsable y sostenible de materiales
Indoor Environmental Quality	Calidad ambiental interior y confort de usuarios
Innovation	Estrategias innovadoras de sostenibilidad

Fuente: *U.S. Green Building Council (2023).*

2.4 Sostenibilidad en edificaciones multifamiliares

La sostenibilidad en edificaciones multifamiliares se ha convertido en un aspecto relevante dentro del desarrollo arquitectónico contemporáneo debido al crecimiento urbano y al aumento de la demanda habitacional en distintas ciudades del mundo. Este tipo de edificaciones concentra un elevado número de usuarios y presenta un consumo continuo de recursos relacionados con energía,

agua y materiales, por lo que la incorporación de estrategias sostenibles resulta fundamental para reducir su impacto ambiental.

Según Kibert (2016), las edificaciones sostenibles buscan optimizar el uso de recursos naturales y mejorar las condiciones de confort ambiental mediante estrategias de diseño eficientes y tecnologías orientadas al ahorro energético. En el caso de los edificios multifamiliares, estos criterios permiten mejorar la calidad de vida de los usuarios y reducir los costos operativos relacionados con el funcionamiento del edificio.

Diversos estudios han señalado que la implementación de criterios sostenibles en vivienda multifamiliar puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético y a la optimización de recursos hídricos, especialmente mediante estrategias pasivas de ventilación e iluminación natural (Pomponi & Moncaster, 2017).

Asimismo, la aplicación de criterios sostenibles en este tipo de edificaciones debe considerar las características del entorno y las necesidades de sus usuarios. Factores como la orientación del edificio, las condiciones climáticas, la distribución de los espacios y la relación entre las áreas construidas y las áreas libres pueden influir directamente en el comportamiento ambiental de una edificación.

Por esta razón, la sostenibilidad no debe entenderse únicamente como la incorporación de tecnologías, sino como un criterio que forma parte del proceso de diseño y que busca establecer un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos, el confort de los usuarios y la reducción de los impactos ambientales.

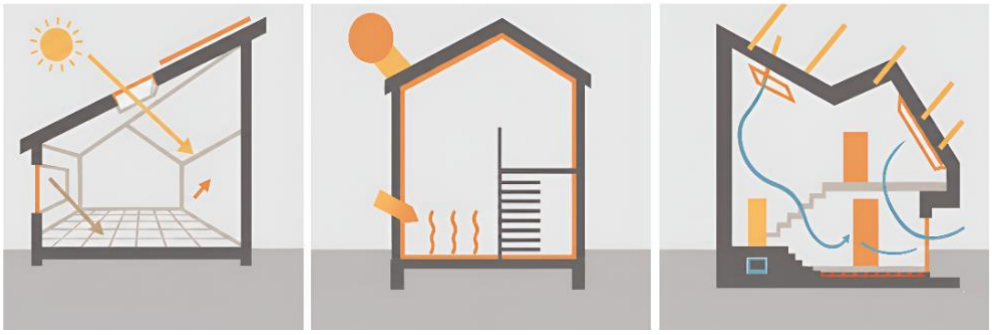
2.5 Estrategias sostenibles aplicadas a edificios residenciales

Las estrategias sostenibles aplicadas a edificios residenciales tienen como finalidad reducir el impacto ambiental de las edificaciones mediante el uso eficiente de recursos y la mejora del desempeño energético y ambiental del proyecto arquitectónico. Estas estrategias pueden incorporarse desde las etapas iniciales de diseño y construcción, permitiendo optimizar las condiciones de confort y funcionamiento del edificio.

Entre las principales estrategias sostenibles utilizadas en edificaciones residenciales destacan la ventilación natural, iluminación natural, protección solar, eficiencia energética y optimización del uso del agua. Estas medidas permiten disminuir el consumo energético asociado a sistemas artificiales de climatización e iluminación, contribuyendo a la reducción de emisiones contaminantes y costos operativos (Latha et al., 2023).

La ventilación natural constituye una de las estrategias pasivas más utilizadas en arquitectura sostenible debido a su capacidad para mejorar la calidad del aire interior y reducir la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. Asimismo, el aprovechamiento de iluminación natural permite disminuir el consumo eléctrico y mejorar las condiciones visuales de los espacios interiores (Santibáñez Halphen et al., 2021).

La Figura 2 sintetiza algunas estrategias pasivas de diseño aplicadas a la arquitectura sostenible, como el aprovechamiento de la radiación solar, el control térmico de la envolvente y la ventilación natural. Estas decisiones permiten mejorar las condiciones de confort interior y reducir la dependencia de sistemas mecánicos de climatización e iluminación, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos desde la etapa de diseño.



A)Ingreso de radiación solar B)Control térmico de la envolvente C)Ventilación natural

Figura 2: *Estrategias de diseño*

Fuente: Elaboración Propia

2.6 Análisis de referentes

2.6.1 Estrategias de diseño pasivo en edificios residenciales

Como referente se analiza el estudio de Perera et al. (2025), enfocado en la selección de estrategias de diseño pasivo para edificios residenciales de gran altura en climas tropicales. El caso de estudio corresponde a un edificio residencial ubicado en Sri Lanka, cuyo comportamiento fue evaluado mediante simulaciones energéticas y análisis de iluminación natural. Como se observa en la Figura 3, la imagen (a) presenta la volumetría del edificio, (b) la distribución típica de una planta y (c) el detalle de la planta arquitectónica. Estas representaciones permiten comprender la configuración del edificio utilizada para evaluar las estrategias de diseño pasivo.

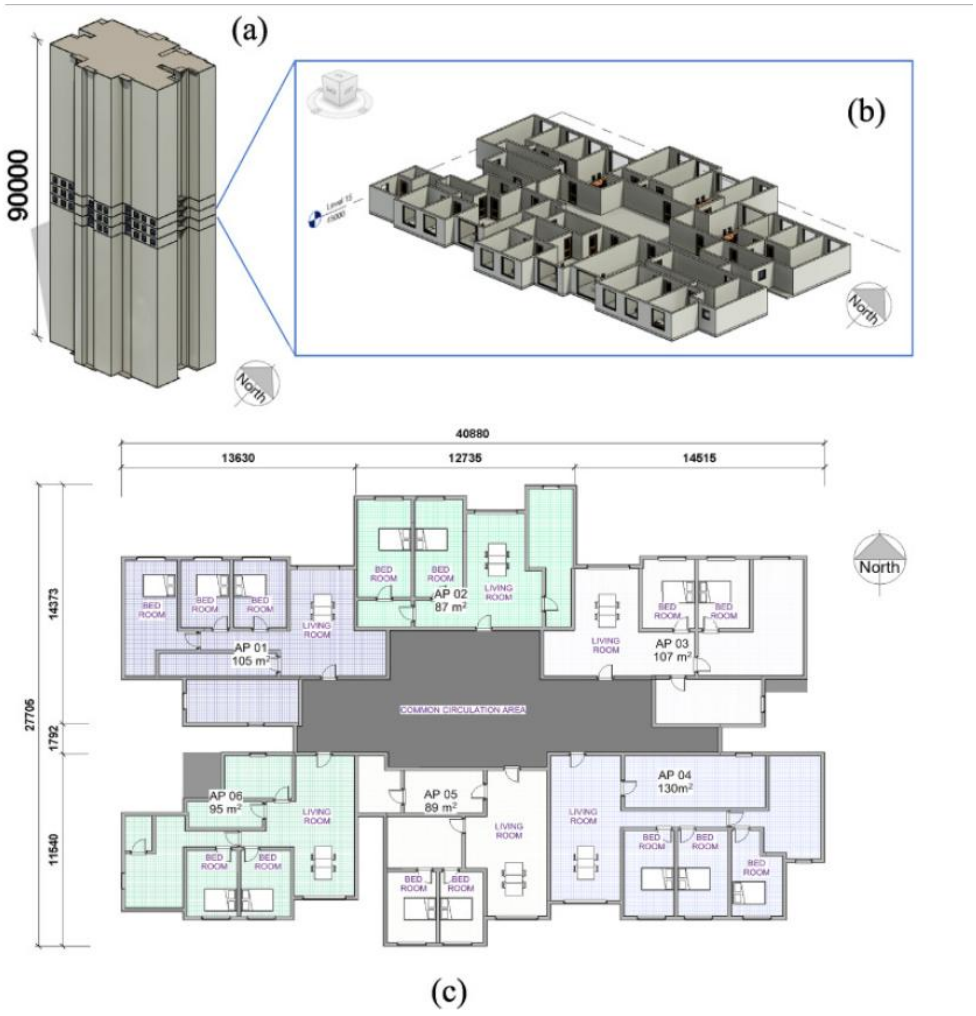


Figura 3: *a) Vista 3D del edificio del caso de estudio, b) distribución típica de una planta y 3) vista detallada de unaplanta típica (Todas las dimensiones están en milímetros).*

Fuente: Perera et al. (2025)

Características del caso de estudio

El edificio analizado corresponde a una edificación residencial de 32 plantas, con seis apartamentos por planta. Las unidades poseen dos o tres dormitorios y superficies comprendidas entre 87 m² y 130 m². Para el análisis térmico se estableció un rango de confort interior entre 22 °C y 26 °C, incorporando además ventilación natural cuando las condiciones interiores se encontraban dentro de dicho intervalo.

Tipo	Variable	Valor
Orientación	Dirección del eje más largo	Este-Oeste
Muro exterior (muro de hormigón armado de 200 mm con revoco de cemento y arena de 12,5 mm en ambos lados)	Conductividad del material de revestimiento del núcleo	2,1 W/mK
	Conductividad de los yesos	0,72 W/mK
Tabique divisorio (pared de bloques de cemento y arena de 100 mm con revoque de cemento y arena de 12,5 mm en ambos lados).	Conductividad del material de revestimiento del núcleo	1,2 W/mK

Tabla 3 *Resumen de los detalles constructivos del edificio objeto de estudio.*

Fuente: Perera et al. (2025)

Tejido.	Estrategia pasiva	Variable (unidad)	Intervalo	Base
OH	voladizos de ventanas	Longitud del voladizo (m)	[0,0,0,8]	0
SF	Aletas laterales de la ventana	Longitud de las aletas izquierda y derecha (m)	[0,0,0,8]	0
GW	Muros verdes	Porcentaje de muro verde (%)	[0,100 %]	0
CE	Superficies exteriores reflectantes	Absortancia solar (relación)	[0,2,0,8]	0,8
GU	acristalamiento grueso/múltiple	Factor U del vidrio (W/ $^{m^2K}$)	[1.3,5.7]	5.7
WS	Paredes de alta masa térmica	Calor específico de las paredes (J/kg-K)	[800,1800]	800
CW	Aislamiento de paredes exteriores/Materiales de revestimiento de paredes de baja conductividad	Conductividad de las paredes (W/mK)	[0,04,2,1]	2.1
WC	Recubrimiento de baja emisión en vidrios	Coeficiente de ganancia de calor solar (relación)	[0,5,0,83]	0,83

Tabla 4 *Resumen de las estrategias pasivas analizadas*

Fuente: Perera et al. (2025)

El análisis evidencia que la efectividad de estas soluciones no es uniforme, sino que depende directamente de las condiciones climáticas donde se encuentra el edificio. Por ejemplo, los muros verdes presentaron una influencia reducida sobre el ahorro energético, con variaciones del EUI inferiores al 1,4 % en las tres ubicaciones.

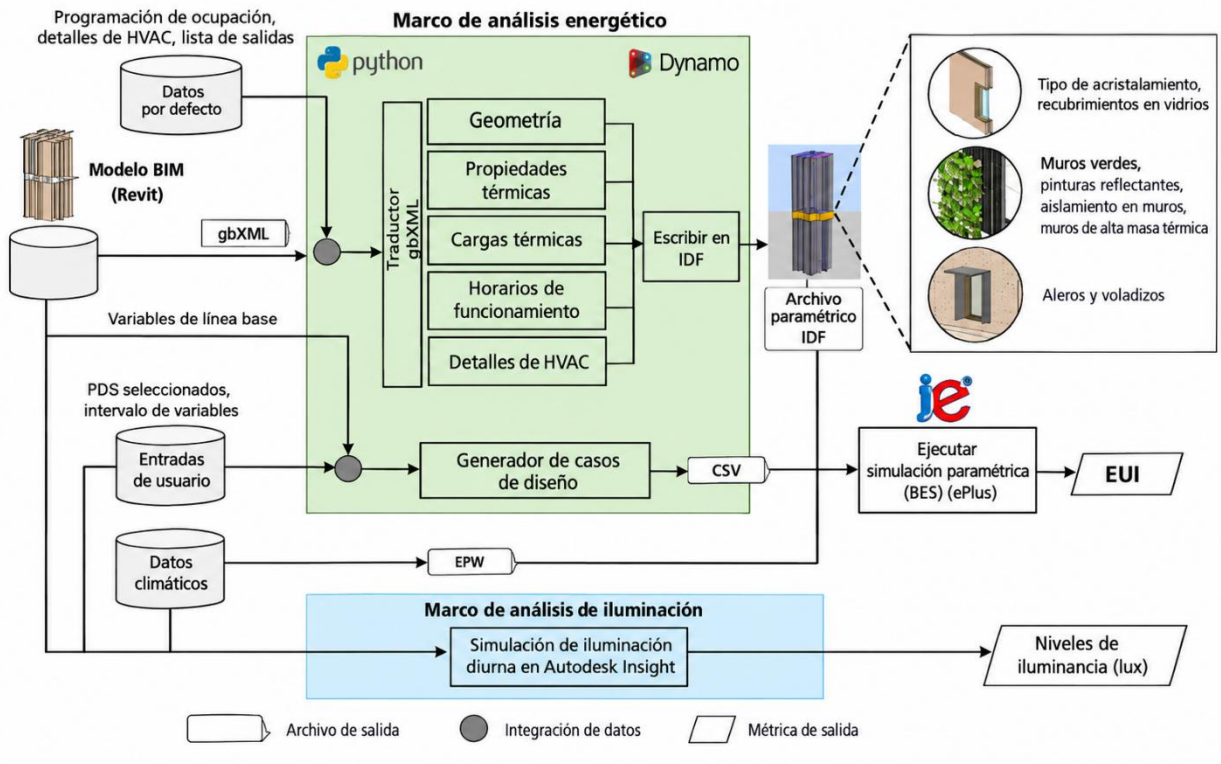


Figura 4: *Selección de estrategias de diseño pasivo adecuadas para edificios residenciales*

Nota: Tomado de Perera et al. (2025). Traducción propia.

La Figura 4 muestra el proceso metodológico aplicado en el caso de estudio, integrando modelos BIM, datos climáticos y parámetros de diseño para evaluar el desempeño energético y lumínico. Este procedimiento permitió comparar distintas estrategias pasivas y determinar cuáles podían mejorar las condiciones del edificio.

Los resultados del referente muestran que determinadas soluciones pueden mejorar el desempeño térmico y reducir la demanda energética; sin embargo, también pueden generar efectos sobre otras variables del ambiente interior, como la disponibilidad de iluminación natural. Por ello, se evidencia la necesidad de evaluar las estrategias de manera integral, considerando su influencia conjunta sobre las condiciones de confort interior.

2.7 Categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ).

2.7.1 Concepto

La Calidad del Ambiente Interior (IEQ) es una de las categorías de evaluación de LEED, sistema desarrollado por el USGBC. Esta categoría busca promover espacios interiores saludables, confortables y funcionales mediante estrategias de diseño, construcción y operación orientadas al bienestar de los ocupantes (USGBC, 2024)

.Esta categoría integra un conjunto de prerrequisitos y créditos orientados a garantizar espacios interiores saludables mediante el control de factores como la calidad del aire, la ventilación, el confort térmico, la iluminación natural, las vistas al exterior y el uso de materiales con bajas emisiones contaminantes. Su aplicación busca reducir la exposición de los usuarios a agentes que puedan afectar su salud y mejorar las condiciones de habitabilidad durante el uso cotidiano de la edificación (ASHRAE, 2022).

De acuerdo con la ASHRAE (2022), la calidad del ambiente interior no depende de un único elemento, sino de la interacción entre variables ambientales y arquitectónicas que influyen en la percepción de confort de los ocupantes. En consecuencia, el diseño del edificio, la orientación, la distribución de los espacios, la incorporación de estrategias pasivas de ventilación e iluminación y la adecuada selección de materiales desempeñan un papel fundamental para alcanzar ambientes interiores saludables.

2.7.2 Objetivos de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ)

La categoría Calidad del Ambiente Interior tiene como objetivo principal promover ambientes interiores saludables, seguros y confortables mediante la implementación de estrategias de diseño, construcción y operación que mejoren las condiciones de habitabilidad de las edificaciones. En el sistema de certificación LEED, esta categoría busca garantizar que los espacios interiores favorezcan el bienestar físico y psicológico de los ocupantes, minimizando la exposición a contaminantes y optimizando las condiciones ambientales durante la vida útil del edificio (USGBC, 2024).

La categoría IEQ establece prerrequisitos y créditos para mejorar la calidad del ambiente interior mediante ventilación adecuada, control de contaminantes, uso de materiales con bajas emisiones de COV, confort térmico, iluminación natural y acceso a vistas exteriores. Estos criterios buscan favorecer espacios saludables, confortables y adecuados para los usuarios (ASHRAE, 2022).

En edificaciones residenciales multifamiliares, el cumplimiento de estos objetivos resulta especialmente importante debido a que los ocupantes permanecen largos periodos dentro de las viviendas. Un ambiente interior con adecuada ventilación, iluminación natural y confort térmico contribuye a mejorar la salud, incrementar el bienestar y favorecer una mejor calidad de vida, además de reducir problemas asociados con la humedad, la acumulación de contaminantes y el uso excesivo de sistemas mecánicos de climatización (EPA, 2024).

La categoría IEQ reúne distintos objetivos orientados a mejorar las condiciones ambientales de los espacios interiores y el bienestar de los ocupantes. Estos objetivos abarcan aspectos como la calidad del aire, el confort térmico y visual, la reducción de contaminantes y la creación de ambientes saludables. En la Tabla 5 se resumen los principales objetivos de esta categoría y la finalidad que persigue cada uno dentro de la evaluación LEED.

Tabla 5 *: Objetivos principales de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ)*

Objetivo	**Finalidad**
Garantizar una adecuada calidad del aire interior	Reducir la exposición de los ocupantes a contaminantes y mejorar la salubridad de los espacios.
Proporcionar confort térmico	Mantener condiciones ambientales adecuadas de temperatura y humedad para el bienestar de los usuarios.
Favorecer el confort visual	Incrementar el aprovechamiento de la iluminación natural y la conexión visual con el exterior.
Minimizar las fuentes de contaminación interior	Promover el uso de materiales con bajas emisiones y controlar agentes contaminantes durante la ocupación.
Mejorar el bienestar de los ocupantes	Crear espacios interiores saludables, confortables y funcionales mediante criterios de diseño sostenible.

Fuente: *Elaboración propia con base en USGBC (2024) y ASHRAE (2022).*

2.7.3 Evolución de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ)

La categoría Calidad del Ambiente Interior ha experimentado una evolución significativa desde la creación del sistema (LEED) en 1998. Inicialmente, los criterios relacionados con el ambiente interior se centraban en garantizar condiciones básicas de ventilación y calidad del aire; sin embargo, conforme avanzó el conocimiento científico sobre la influencia de los espacios interiores en la salud y el bienestar de las personas, la categoría incorporó nuevos requisitos orientados a mejorar el desempeño ambiental de las edificaciones (USGBC, 2024).

En las primeras versiones de LEED, la evaluación de la calidad ambiental interior estaba enfocada principalmente en asegurar una ventilación adecuada y reducir la presencia de contaminantes en los espacios cerrados. Posteriormente, con la publicación de LEED 2009, se fortalecieron los criterios relacionados con el uso de materiales de bajas emisiones, el control del humo de tabaco ambiental y la implementación de planes de gestión de la calidad del aire durante la fase constructiva, reconociendo que las decisiones adoptadas desde el proceso de construcción influyen directamente en las condiciones ambientales del edificio una vez ocupado (USGBC, 2009).

Un avance importante se produjo con la implementación de LEED v4, donde los créditos de la categoría IEQ fueron actualizados de acuerdo con normas internacionales como ANSI/ASHRAE Standard 62.1 y ANSI/ASHRAE Standard 55, incorporando requisitos más exigentes relacionados con la ventilación, el confort térmico, la selección de materiales con bajas emisiones y el acceso a iluminación natural. Esta actualización reflejó un cambio de enfoque, pasando de evaluar únicamente condiciones mínimas de habitabilidad a promover ambientes interiores que favorezcan la salud, el confort y la productividad de los ocupantes (ASHRAE, 2022; USGBC, 2024).

La versión LEED v4.1, utilizada como referencia en la presente investigación, mantiene la estructura de la categoría IEQ, pero introduce mejoras orientadas a facilitar su aplicación práctica y a fortalecer la evaluación del desempeño real de las edificaciones. Esta versión promueve estrategias de diseño que priorizan la calidad ambiental interior desde las etapas iniciales del proyecto, fomentando edificaciones más saludables y adaptadas a las necesidades de sus usuarios (USGBC, 2024).

La evolución de la categoría IEQ evidencia que la sostenibilidad en la arquitectura ya no se limita a la reducción del impacto ambiental de los edificios, sino que incorpora un enfoque centrado en las personas, reconociendo que la calidad de los espacios interiores constituye un elemento esencial para garantizar edificaciones sostenibles y funcionales. En este contexto, la aplicación de los criterios de IEQ en edificios multifamiliares permite evaluar las condiciones de habitabilidad y establecer estrategias que contribuyan al bienestar de sus ocupantes, aspecto que fundamenta el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 6 *:Evolución de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) en LEED*

Versión LEED	**Principales cambios en la categoría IEQ**	**Aporte a la calidad ambiental interior**
LEED 1.0 (1998)	Incorporación inicial de criterios relacionados con ventilación y calidad del aire interior.	Introduce el concepto de ambiente interior saludable dentro de la certificación.
LEED 2009	Fortalecimiento de los requisitos sobre materiales de bajas emisiones, control del humo de tabaco y gestión de la calidad del aire durante la construcción.	Reduce las fuentes de contaminación interior y mejora las condiciones de ocupación.
LEED v4 (2013)	Actualización de los créditos con base en normas ASHRAE; mayor énfasis en confort térmico, iluminación natural y calidad ambiental.	Incrementa el rigor técnico y prioriza la salud y el bienestar de los ocupantes.
LEED v4.1 (2019-actualidad)	Optimización de los créditos y mejora de los métodos de evaluación del desempeño ambiental interior.	Favorece una aplicación más flexible y orientada al desempeño real de las edificaciones.

Fuente: *Elaboración propia con base en USGBC (2009; 2024) y ASHRAE (2022).*

2.7.4 Importancia de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) en edificios residenciales

La calidad del ambiente interior constituye uno de los aspectos más relevantes en el diseño y evaluación de edificaciones residenciales, debido a que influye directamente en las condiciones de habitabilidad, la salud y el bienestar de los ocupantes. En viviendas multifamiliares, donde las personas desarrollan gran parte de sus actividades diarias, factores como la calidad del aire, la ventilación, el confort térmico y el acceso a iluminación natural adquieren un papel determinante en la percepción de confort y en la calidad de vida de los usuarios (USGBC, 2024).

Diversos estudios señalan que las personas permanecen aproximadamente el 90 % de su tiempo en espacios interiores, lo que refuerza la importancia de garantizar ambientes saludables y confortables mediante criterios adecuados de diseño y sostenibilidad (EPA, 2024). En este contexto, la categoría IEQ de LEED permite evaluar las condiciones ambientales interiores del edificio, identificar aspectos que requieren mejora y establecer recomendaciones orientadas a favorecer el bienestar de los ocupantes.

En edificaciones multifamiliares, la aplicación de los criterios IEQ favorece la incorporación de soluciones arquitectónicas pasivas que optimizan el comportamiento ambiental del edificio. Estrategias como la correcta orientación de la edificación, la ventilación cruzada, el aprovechamiento de la iluminación natural, el control de la radiación solar y la selección de materiales con bajas emisiones contribuyen a crear espacios más saludables, reducir la dependencia de sistemas mecánicos de climatización y mejorar el confort de los usuarios (Kibert, 2022).

Asimismo, la implementación de la categoría IEQ resulta especialmente pertinente en contextos climáticos cálidos, donde el diseño arquitectónico debe responder a condiciones ambientales específicas para mantener niveles adecuados de confort interior. En estos escenarios, el aprovechamiento de los recursos naturales mediante estrategias bioclimáticas representa una alternativa eficaz para mejorar la calidad ambiental de las viviendas y disminuir el consumo energético asociado a sistemas artificiales de ventilación y acondicionamiento térmico (Olgyay, 2015).

La categoría Calidad del Ambiente Interior permite evaluar el desempeño de las edificaciones desde una perspectiva enfocada en el bienestar de los usuarios. En esta investigación, sirve como base para analizar las condiciones interiores del caso de estudio y plantear recomendaciones que mejoren la habitabilidad, el confort y la sostenibilidad en edificaciones residenciales del contexto ecuatoriano.

2.8 Criterios de evaluación de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ)

Esta conformada por un conjunto de prerrequisitos obligatorios y créditos voluntarios que buscan garantizar ambientes interiores saludables, seguros y confortables para los ocupantes. Estos criterios se fundamentan en estándares técnicos internacionales, principalmente en las normas desarrolladas por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), las cuales establecen parámetros relacionados con la ventilación, el confort térmico y la calidad del aire interior (USGBC, 2024).

La evaluación de la categoría IEQ considera aspectos que influyen directamente en la habitabilidad de las edificaciones, tales como la renovación del aire, el control de contaminantes, la utilización de materiales con bajas emisiones, el acceso a iluminación natural, las vistas al exterior y las condiciones de confort ambiental. En conjunto, estos criterios permiten valorar el desempeño ambiental interior de una edificación y establecer estrategias que contribuyan al bienestar físico y psicológico de sus ocupantes.

2.8.1 Calidad mínima del aire interior

La calidad mínima del aire interior constituye uno de los prerrequisitos fundamentales de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ), ya que tiene como finalidad garantizar que los ocupantes dispongan de un ambiente saludable mediante el suministro continuo de aire exterior y la adecuada renovación del aire dentro de la edificación. Para ello, la certificación LEED v4.1 BD+C adopta como referencia la norma ANSI/ASHRAE Standard 62.1, la cual establece los requisitos mínimos de ventilación necesarios para mantener una calidad aceptable del aire interior (ASHRAE, 2022).

El cumplimiento de este prerrequisito permite reducir la concentración de contaminantes presentes en los espacios interiores, tales como dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas en suspensión y otros agentes que pueden afectar la salud de los ocupantes. Una adecuada renovación del aire contribuye a disminuir el riesgo de enfermedades respiratorias, mejorar el confort ambiental y favorecer condiciones óptimas para el desarrollo de las actividades cotidianas (EPA, 2024).

En edificios residenciales multifamiliares, la calidad del aire interior adquiere especial relevancia debido a la permanencia prolongada de los usuarios dentro de las viviendas. La ventilación insuficiente puede favorecer la acumulación de humedad, olores, contaminantes y microorganismos, afectando la habitabilidad de los espacios. Por esta razón, desde la etapa de diseño arquitectónico resulta indispensable incorporar estrategias que faciliten la entrada de aire exterior y promuevan una adecuada circulación del aire mediante soluciones pasivas o sistemas mecánicos, de acuerdo con las características del proyecto y las condiciones climáticas del entorno.

2.8.2 Control del humo del tabaco ambiental

El humo de tabaco ambiental, también conocido como humo de segunda mano, constituye una de las principales fuentes de contaminación del aire en espacios interiores. Está compuesto por una mezcla de gases y partículas finas generadas durante la combustión de productos derivados del tabaco y por el humo exhalado por los fumadores. Diversos estudios han identificado la presencia de más de 7.000 sustancias químicas en este tipo de emisiones, de las cuales cientos son tóxicas y al menos 70 poseen propiedades cancerígenas (World Health Organization [WHO], 2023).

La exposición continua al humo de tabaco en ambientes interiores se asocia con un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer, especialmente en niños, adultos mayores y personas con enfermedades preexistentes. La Organización Mundial de la Salud señala que no existe un nivel seguro de exposición al humo de segunda mano, por lo que la única medida completamente eficaz consiste en mantener espacios interiores libres de humo (WHO, 2023).

Desde el punto de vista arquitectónico, el control del humo de tabaco no depende únicamente de la existencia de restricciones normativas, sino también del diseño de la edificación. La ubicación de accesos, ventanas, balcones, patios interiores y tomas de aire puede favorecer el ingreso de contaminantes hacia los espacios habitables cuando no se consideran criterios adecuados de separación y circulación del aire. En edificios multifamiliares, este aspecto adquiere mayor relevancia debido a la cercanía entre viviendas y a la presencia de áreas comunes donde el humo puede desplazarse entre unidades residenciales por efecto de las diferencias de presión y de los sistemas de ventilación (Klepeis et al., 2019).

Diversas investigaciones han demostrado que la migración del humo entre departamentos ocurre incluso cuando los ocupantes no fuman dentro de su vivienda. El aire contaminado puede ingresar a través de corredores, ductos de instalaciones, ventanas, balcones o sistemas de ventilación compartidos, deteriorando la calidad del ambiente interior y comprometiendo las condiciones de habitabilidad (King et al., 2010). Por esta razón, las estrategias de diseño orientadas a minimizar la transferencia de contaminantes constituyen una medida complementaria a las políticas de espacios libres de humo.

En el marco de la certificación LEED, este criterio promueve la implementación de medidas de diseño y gestión destinadas a evitar la exposición de los ocupantes al humo de tabaco ambiental, contribuyendo a preservar la calidad del aire interior y a reducir riesgos para la salud. Su aplicación resulta especialmente relevante en edificaciones residenciales multifamiliares, donde la protección del ambiente interior depende tanto de las condiciones arquitectónicas como del manejo adecuado de los espacios de uso común. En la Tabla 7 se resumen los principales aspectos considerados para la evaluación de este criterio.

.

Tabla 7 *: Requisitos generales del criterio Control del humo de tabaco*

Aspecto evaluado	**Requisito según LEED v4.1**
Espacios interiores	Prohibición total del consumo de tabaco.
Áreas exteriores	Restricción del consumo de tabaco cerca de accesos, ventanas y tomas de aire.
Protección de los ocupantes	Evitar el ingreso del humo a los espacios interiores mediante políticas y medidas de diseño.
Objetivo del criterio	Preservar la calidad del aire interior y proteger la salud de los usuarios.

Fuente: *Elaboración propia con base en USGBC (2024) .*

2.8.3 Materiales de bajas emisiones

Los materiales de bajas emisiones constituyen uno de los criterios fundamentales de la categoría Calidad del Ambiente Interior (Indoor Environmental Quality, IEQ) de la certificación LEED, debido a su influencia directa sobre la calidad del aire interior y la salud de los ocupantes. Este criterio busca reducir la presencia de contaminantes generados por materiales utilizados durante la construcción y el acondicionamiento de los espacios interiores, tales como pinturas, adhesivos, selladores, revestimientos, muebles y productos de madera procesada (USGBC, 2024).

Diversos estudios han demostrado que numerosos materiales de construcción liberan compuestos químicos al ambiente durante largos períodos, fenómeno conocido como desgasificación (*off-gassing*). Entre los contaminantes más comunes se encuentran los compuestos orgánicos volátiles (COV), el formaldehído y otras sustancias químicas capaces de afectar la calidad del aire y producir consecuencias negativas sobre la salud humana (EPA, 2024).

Tabla 8 *:Principales materiales con potencial de emisión de contaminantes*

Material	**Contaminante principal**	**Posibles efectos**
Pinturas y barnices	Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Irritación ocular y respiratoria
Adhesivos y selladores	Formaldehído y COV	Dolores de cabeza y alergias
Tableros de madera aglomerada	Formaldehído	Problemas respiratorios
Alfombras y revestimientos sintéticos	COV	Fatiga y molestias respiratorias

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la Tabla 8, algunos materiales utilizados en espacios interiores pueden estar asociados a contaminantes como COV y formaldehído. Esta información sirve como referencia para el análisis del caso de estudio y para formular recomendaciones sobre la selección de materiales interiores.

La exposición prolongada a estos contaminantes puede ocasionar irritación ocular, congestión nasal, dolores de cabeza, fatiga, dificultades respiratorias y reacciones alérgicas. Asimismo, la acumulación de estas sustancias en espacios con escasa ventilación puede

incrementar la probabilidad de desarrollar enfermedades respiratorias y otros problemas asociados con la calidad ambiental interior (WHO, 2021).

LEED establece requisitos específicos para los materiales utilizados en espacios interiores, considerando principalmente el control de COV, formaldehído y otras emisiones químicas, tal como se presenta en la Tabla 9. Estos criterios permiten orientar la evaluación de los materiales presentes en el caso de estudio y respaldar las recomendaciones de mejora.

Tabla 9 *: Requisitos generales para materiales de bajas emisiones en LEED*

Categoría	**Requisito general**
Pinturas y recubrimientos	Bajo contenido de COV
Adhesivos y selladores	Reducción de emisiones químicas
Productos de madera compuesta	Control del contenido de formaldehído
Mobiliario	Cumplimiento de estándares de emisiones
Cielorrasos y revestimientos	Reducción de sustancias contaminantes

Fuente: *Elaboración propia.*

En las edificaciones multifamiliares, la selección adecuada de materiales representa un aspecto fundamental, debido a que los ocupantes permanecen largos periodos en espacios cerrados. En consecuencia, la utilización de materiales de bajas emisiones favorece el mejoramiento de la calidad del aire, reduce la presencia de agentes contaminantes y fortalece las condiciones de confort y bienestar.

2.8.4 Ventilación

La ventilación constituye uno de los elementos más importantes de la categoría Calidad del Ambiente Interior (Indoor Environmental Quality, IEQ), debido a que permite mantener niveles adecuados de calidad del aire mediante la incorporación de aire exterior y la eliminación de contaminantes presentes en los espacios interiores. Dentro del sistema de certificación LEED, este criterio se orienta a garantizar condiciones ambientales apropiadas para la salud, el confort y el bienestar de los ocupantes (USGBC, 2024).

La adecuada circulación del aire contribuye a disminuir la concentración de dióxido de carbono (CO_2), material particulado, compuestos orgánicos volátiles (COV), microorganismos y otras sustancias contaminantes generadas por las actividades cotidianas de los usuarios. Asimismo, la ventilación influye directamente en la regulación de la temperatura y de la humedad relativa, factores que desempeñan un papel fundamental en la percepción del confort ambiental (ASHRAE, 2022).

La certificación LEED toma como referencia los lineamientos establecidos por la norma ASHRAE 62.1, la cual determina las condiciones mínimas de ventilación y los procedimientos necesarios para garantizar una adecuada renovación del aire en el interior de las edificaciones. El cumplimiento de estos criterios permite reducir la exposición a contaminantes y mejorar las condiciones de habitabilidad de los espacios.

La renovación del aire interior es un aspecto fundamental para mantener condiciones adecuadas de ventilación y reducir la acumulación de contaminantes en los espacios ocupados. Como se muestra en la Figura 5, el ingreso y la circulación del aire pueden favorecerse mediante una adecuada disposición de aberturas y recorridos de ventilación dentro de la edificación.



Figura 5: *Renovación del aire interior*

Fuente: Siberzone (2017).

En los edificios multifamiliares pueden aplicarse diferentes sistemas de ventilación según las condiciones del espacio y las necesidades de renovación de aire. Como se presenta en la Tabla 10, estas alternativas incluyen ventilación natural, mecánica, híbrida y cruzada, cada una con características y beneficios específicos que pueden considerarse durante la evaluación del caso de estudio.

Tabla 10 *:Tipos de ventilación aplicables a edificios multifamiliares*

Tipo de ventilación	Características principales	Beneficios
Natural	Utiliza aberturas y corrientes de aire	Reduce el consumo energético
Mecánica	Emplea equipos de extracción e impulsión de aire	Permite controlar el flujo de aire
Híbrida	Combina sistemas naturales y mecánicos	Mejora la eficiencia del sistema
Cruzada	Favorece el intercambio de aire entre dos aberturas opuestas	Incrementa la renovación del aire

Fuente: *Elaboración propia.*

2.8.5 Confort térmico

El confort térmico constituye uno de los aspectos fundamentales de la categoría Calidad del Ambiente Interior (Indoor Environmental Quality, IEQ), ya que influye directamente en la salud, el bienestar y la productividad de los ocupantes. La percepción de confort depende de la interacción entre diversos factores ambientales y personales, entre los que se encuentran la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento, la temperatura radiante y el nivel de actividad física desarrollado por los usuarios (ASHRAE, 2023).

La norma ASHRAE 55 establece los parámetros necesarios para determinar las condiciones térmicas adecuadas en los espacios interiores, con el propósito de garantizar un ambiente confortable para la mayoría de los ocupantes. Del mismo modo, la certificación LEED considera este criterio como un elemento esencial para la creación de espacios saludables y ambientalmente eficientes (USGBC, 2024).

En las edificaciones residenciales, el confort térmico adquiere una relevancia particular debido al prolongado tiempo de permanencia de los usuarios dentro de sus viviendas. La presencia de temperaturas elevadas, niveles inadecuados de humedad o una ventilación insuficiente puede

generar molestias físicas, disminuir la calidad del ambiente interior y afectar la percepción de bienestar de los habitantes.

Diversas estrategias arquitectónicas, como la orientación adecuada del edificio, la protección solar, la ventilación natural, el empleo de materiales apropiados y el aprovechamiento de la vegetación, contribuyen a mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones y a reducir la necesidad de recurrir a sistemas mecánicos de climatización.

La evaluación del confort térmico requiere considerar de manera conjunta distintas variables ambientales que influyen en la percepción de bienestar de los ocupantes. En la Tabla 11 se establecen rangos de referencia para parámetros como temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire, los cuales permiten comparar posteriormente las condiciones registradas en los espacios analizados del caso de estudio e identificar posibles oportunidades de mejora.

Tabla 11 *:Rangos recomendados para el confort térmico*

Parámetro	**Intervalo recomendado**
Temperatura del aire	20 °C a 26 °C
Humedad relativa	30 % a 60 %
Velocidad del aire	0,10 m/s a 0,80 m/s
Concentración de CO_2	Menor a 1000 ppm

Fuente: *Elaboración propia.*

2.8.6 Iluminación natural

La adecuada incorporación de luz natural en el interior de los espacios contribuye a mejorar las condiciones de habitabilidad, favorecer el confort visual y reducir la dependencia de sistemas de iluminación artificial.

La certificación LEED promueve el aprovechamiento de la luz natural mediante la implementación de estrategias de diseño orientadas a optimizar el ingreso de la radiación solar y garantizar una distribución uniforme de la iluminación dentro de la edificación. Para ello, se consideran aspectos como la orientación del edificio, la ubicación y el tamaño de las aberturas, la profundidad de los espacios interiores y la presencia de elementos de protección solar.

En este contexto, la Figura 6 permite visualizar de manera esquemática la incidencia de la luz solar directa y de la luz difusa del cielo sobre la edificación. Esta representación facilita la comprensión de cómo las distintas fuentes de iluminación natural interactúan con la configuración arquitectónica y condicionan la distribución de luz en los espacios interiores.



Figura 6: *Esquema sobre la iluminación natural*

Fuente: Elaboración propia

Diversos estudios han demostrado que la exposición adecuada a la luz natural contribuye a regular el ritmo circadiano, mejorar la capacidad de concentración, disminuir la fatiga visual y fortalecer la percepción de bienestar de los ocupantes. Asimismo, el aprovechamiento de este recurso permite reducir el consumo energético asociado a los sistemas de iluminación artificial (Illuminating Engineering Society [IES], 2020). Estos beneficios se resumen en la Tabla 12, donde se presentan los principales aportes de la iluminación natural en los espacios interiores.

Tabla 12 *Beneficios de la iluminación natural en los espacios interiores*

Aspecto	**Beneficio**
Salud física	Regulación del ciclo biológico
Confort visual	Reducción de la fatiga ocular
Bienestar psicológico	Incremento de la sensación de confort
Eficiencia energética	Disminución del consumo de electricidad
Calidad ambiental	Mejor percepción del espacio interior

Fuente: *Elaboración propia.*

La aplicación de este criterio en edificios multifamiliares requiere considerar la orientación de la edificación y la distribución de los espacios interiores, con el propósito de garantizar un acceso adecuado a la iluminación natural y evitar problemas relacionados con el deslumbramiento y el sobrecalentamiento de los ambientes. En la tabla que se presenta a continuación se resumen las estrategias asociadas al aprovechamiento de la iluminación natural.

Tabla 13 *Estrategias de la iluminación natural en los espacios interiores*

Estrategia	**Aplicación**
Orientación del edificio	Optimización de la captación de luz natural
Confort visual	Incremento de la iluminación interior
Bienestar psicológico	Reducción del deslumbramiento
Eficiencia energética	Aumento de la reflectancia de la luz
Calidad ambiental	Mejor aprovechamiento de la iluminación natural

Fuente: *Elaboración propia.*

2.8.7 Calidad de las vistas

Su influencia se basa en la percepción del espacio, el bienestar psicológico y la satisfacción de los ocupantes. La certificación LEED reconoce la importancia de mantener una relación visual adecuada entre el ambiente interior y el entorno exterior, con el propósito de fortalecer las condiciones de habitabilidad y mejorar la experiencia de los usuarios dentro de la edificación (USGBC, 2024).

El acceso a vistas exteriores favorece la entrada de luz natural, facilita la orientación espacial y contribuye a disminuir la sensación de confinamiento. Asimismo, diversos estudios han demostrado que la presencia de elementos naturales, como vegetación, cuerpos de agua o paisajes abiertos, se relaciona con la reducción del estrés y el incremento de la sensación de bienestar (Kaplan y Kaplan, 1989).

La calidad de una vista exterior también depende de factores como la amplitud del campo visual, la profundidad de la vista, la presencia de obstáculos y la diversidad de elementos visibles desde el interior. La Figura 7 representa de manera esquemática cómo la disposición de las edificaciones y los espacios abiertos puede favorecer o limitar estas relaciones visuales con el entorno.

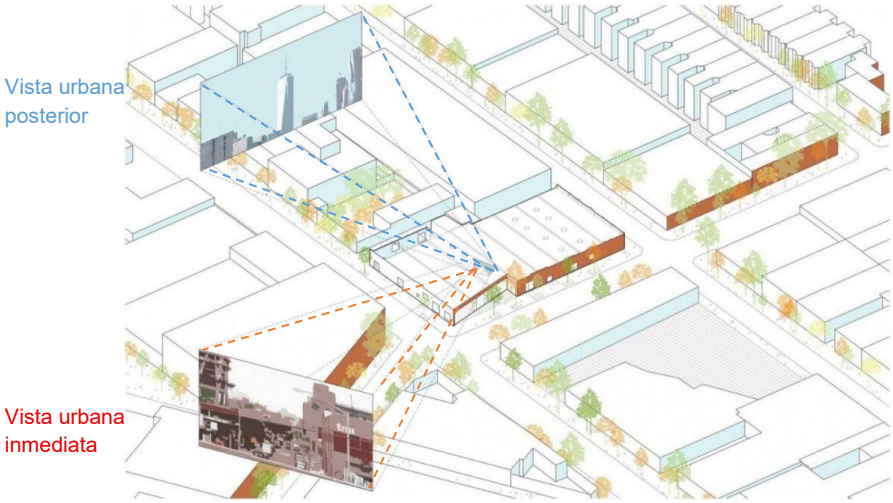


Figura 7: *Esquema sobre calidad de vistas*

Fuente: ArchDaily (2017)

Dentro del sistema LEED, este criterio considera aspectos relacionados con la ubicación y el tamaño de las aberturas, la disposición de los espacios interiores y la existencia de elementos arquitectónicos que puedan obstruir la conexión visual con el exterior. De igual manera, se valora la calidad del paisaje observado y la capacidad del diseño para favorecer la interacción entre los ocupantes y su entorno.

En las edificaciones multifamiliares, la calidad de las vistas se encuentra estrechamente relacionada con la orientación de la edificación, la ubicación de las ventanas y la distribución de los espacios interiores. La adecuada integración de estos elementos contribuye a mejorar la experiencia de los ocupantes y a fortalecer la percepción de confort dentro de la vivienda. En la Tabla 14 se presentan los principales factores que condicionan la calidad de las vistas y la influencia que ejercen sobre la relación visual con el entorno exterior.

Tabla 14 *Factores que influyen en la calidad de las vistas*

Factor	**Influencia**
Orientación del edificio	Determina la amplitud y la calidad de la visual
Dimensiones de las aberturas	Favorecen la conexión con el exterior
Altura de la edificación	Modifica el campo visual disponible
Obstáculos físicos	Pueden limitar la visibilidad
Presencia de vegetación	Incrementa la percepción de bienestar

Fuente: *Elaboración propia.*

2.8.8 Desempeño acústico

La presencia de niveles elevados de ruido puede afectar la concentración, alterar los patrones de descanso y provocar diversas consecuencias fisiológicas y psicológicas, especialmente en edificaciones destinadas al uso residencial (USGBC, 2024).

El comportamiento acústico de un espacio depende tanto de las fuentes de ruido como de la capacidad de los elementos constructivos para absorber, reflejar o limitar su propagación. La Figura 8 representa de manera esquemática cómo el sonido interactúa con los cerramientos y materiales interiores, aspecto fundamental para comprender su incidencia en el confort acústico de los ocupantes.

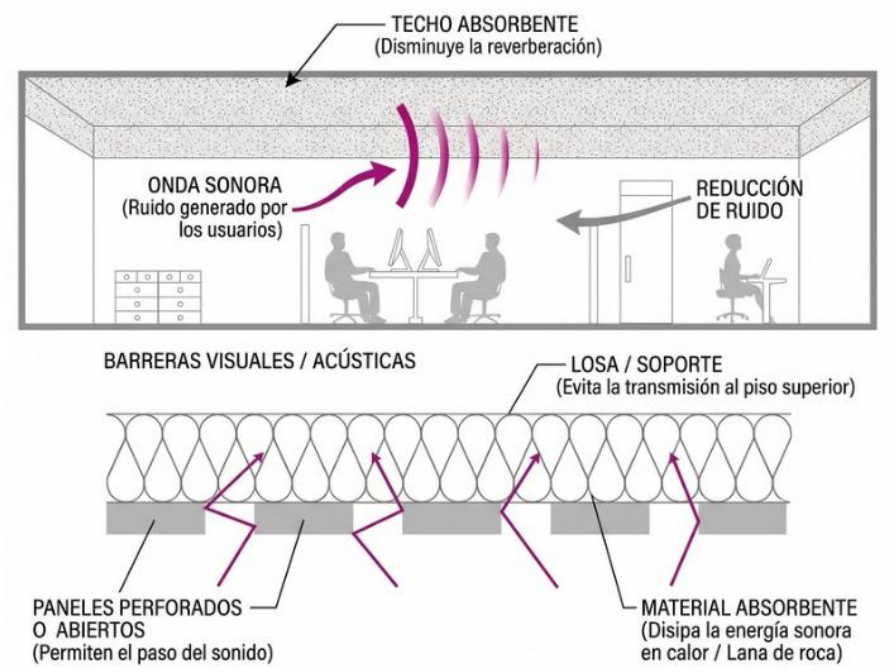


Figura 8: *Acústica en la arquitectura*

Fuente: Kataloğu (2026)

Se considera el control del ruido como un aspecto fundamental para garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad, promoviendo la implementación de estrategias orientadas a reducir la transmisión de sonidos entre los diferentes espacios que conforman una edificación. Entre estas estrategias se incluyen el uso de materiales con propiedades aislantes, la adecuada distribución de los ambientes y el control de las fuentes de ruido procedentes del exterior y del interior del edificio.

Tabla 15 *Principales fuentes de ruido en edificios multifamiliares*

Fuente de ruido	Origen	Efecto principal
Tránsito vehicular	Exterior	Interrupción del descanso
Conversaciones y actividades domésticas	Interior	Disminución de la privacidad
Equipos mecánicos	Interior	Molestias y vibraciones
Sistemas de ventilación	Interior	Alteración del confort acústico
Actividades comerciales cercanas	Exterior	Incremento de los niveles de ruido

Fuente: *Elaboración propia*

Como se observa en la Tabla 15, las fuentes de ruido en edificios multifamiliares pueden originarse tanto en el exterior como en el interior de la vivienda. Su incidencia puede afectar el descanso, la privacidad y el confort acústico de los ocupantes, por lo que resulta importante considerar su origen y características durante la evaluación del ambiente interior.

En síntesis ,el marco teórico permitió establecer los fundamentos conceptuales y técnicos que sustentan el análisis de la sostenibilidad aplicada a edificaciones multifamiliares, destacando la importancia de incorporar estrategias orientadas a mejorar el desempeño ambiental y las condiciones de habitabilidad. La revisión de los sistemas de certificación ambiental permitió reconocer a LEED como un referente para la evaluación de edificaciones y, particularmente, a la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ) como un componente relacionado con la salud, el confort y el bienestar de los ocupantes.

Asimismo, el análisis de la categoría IEQ y de sus criterios de evaluación permitió identificar los principales aspectos que deben considerarse en el estudio del edificio multifamiliar, entre ellos la calidad del aire interior, el control del humo de tabaco ambiental, los materiales de bajas emisiones, el confort térmico, la iluminación natural, la calidad de las vistas y el desempeño acústico. Estos criterios constituyen la base teórica para analizar las condiciones del caso de estudio y determinar posteriormente las oportunidades de mejora. En este sentido, el marco teórico establece los parámetros necesarios para relacionar las características arquitectónicas y ambientales del edificio con los criterios de LEED v4.1, orientando el desarrollo de las siguientes etapas de la investigación.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolla mediante un enfoque predominantemente cualitativo, complementado con la recopilación y el análisis de datos cuantitativos obtenidos durante el proceso de evaluación del edificio multifamiliar objeto de estudio. En cuanto a su naturaleza, la investigación se clasifica como documental y de campo, debido a que comprende la revisión de libros, artículos científicos, normas técnicas y documentos oficiales relacionados con la certificación LEED y la categoría Calidad del Ambiente Interior (Indoor Environmental Quality, IEQ), así como el levantamiento de información directamente en la edificación seleccionada.

Con respecto a su alcance, la investigación es de carácter descriptivo, ya que permite identificar, analizar e interpretar las condiciones ambientales presentes en el edificio y determinar el grado de cumplimiento de los criterios correspondientes a la categoría IEQ. Del mismo modo, la investigación presenta un carácter aplicado, puesto que se orienta a la formulación de estrategias de mejora a partir del análisis de las características arquitectónicas y ambientales identificadas durante el proceso de evaluación.

Por otra parte, la investigación se desarrolla mediante la metodología de estudio de caso, considerando como unidad de análisis un edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas, provincia de El Oro. Para ello, se realizará el levantamiento de información a través de observaciones directas, registros fotográficos y mediciones de variables relacionadas con la calidad del aire interior, la ventilación, el confort térmico, la iluminación natural, la calidad de las vistas, el desempeño acústico, el control del humo de tabaco ambiental y el empleo de materiales de bajas emisiones, con el propósito de comparar los resultados obtenidos con los criterios establecidos por la certificación LEED.

3.2 Etapas a seguir

El procedimiento metodológico de la presente investigación se desarrolló de manera secuencial mediante tres etapas, las cuales permitieron cumplir los objetivos planteados y evaluar los criterios correspondientes a la categoría IEQ de la certificación LEED v4.1 en el edificio multifamiliar seleccionado como caso de estudio. La Figura 9 presenta de forma esquemática la organización de estas etapas y las principales actividades desarrolladas en cada una.
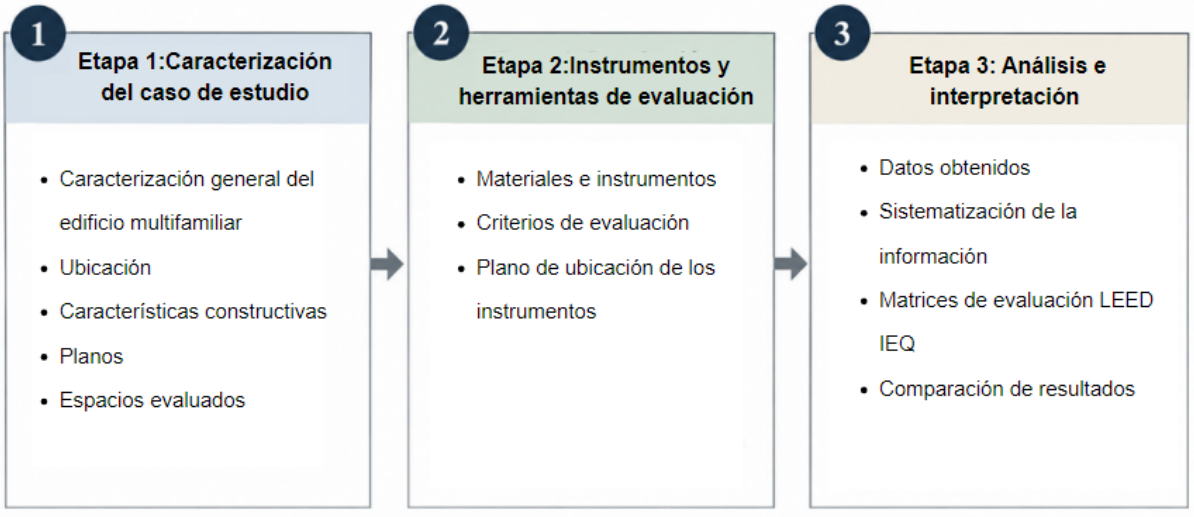


Figura 9: *Etapas a seguir*

Fuente: *Elaboración Propia*

3.2.1 Etapa 1: Caracterización del caso de estudio (Edificio RR)

La caracterización del inmueble permite comprender el contexto físico, funcional y constructivo en el que se desarrolló la investigación, facilitando la interpretación de los resultados obtenidos durante el trabajo de campo.

Para ello, se recopilaron datos generales relacionados con la ubicación, uso, sistema constructivo, distribución espacial y características arquitectónicas del edificio, complementados con el registro fotográfico y la revisión de la documentación técnica disponible. Esta información constituye la base para identificar aquellos aspectos del diseño y funcionamiento del edificio que pueden influir en la calidad del ambiente interior y en el cumplimiento de los criterios establecidos por la certificación LEED v4.1.

Tabla 16 *Caracterización general del edificio multifamiliar*

Parámetro	Descripción
Nombre del edificio	EDIFICIO RR
Ubicación	Transversal sur y Sucre
Ciudad	Balsas
Año de construcción	2023
Uso principal	Residencial multifamiliar
Número de pisos	6
Número de departamentos	8
Área aproximada de construcción	1381m2
Sistema estructural	Pórticos de hormigón armado conformados por columnas, vigas y losas de hormigón armado.
Sistema constructivo	Hormigón armado con cerramientos de mampostería, complementado con fachada de vidrio y carpintería de aluminio en determinadas áreas.
Material predominante	Hormigón armado, mampostería de bloque, vidrio y aluminio.
Orientación de la fachada principal	Noroeste (NO).
Número aproximado de ocupantes	19

Fuente: *Elaboración propia*

Vista general del edificio multifamiliar



Figura 10: *Edificio RR*

Fuente: Elaboración propia

Se presenta la vista general de la fachada principal del edificio multifamiliar seleccionado como caso de estudio. Se trata de una edificación de uso mixto, con locales comerciales en la planta baja y unidades residenciales en los niveles superiores. Arquitectónicamente, el edificio presenta una fachada contemporánea caracterizada por el uso de amplias superficies acristaladas, balcones y elementos de hormigón armado, con una orientación predominante hacia el noroeste.

Ubicación

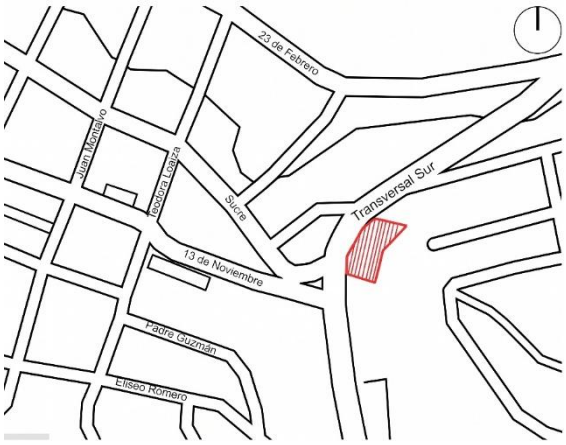


Figura 11: *Ubicación*

Elaboración Propia

Planos Arquitectónicos

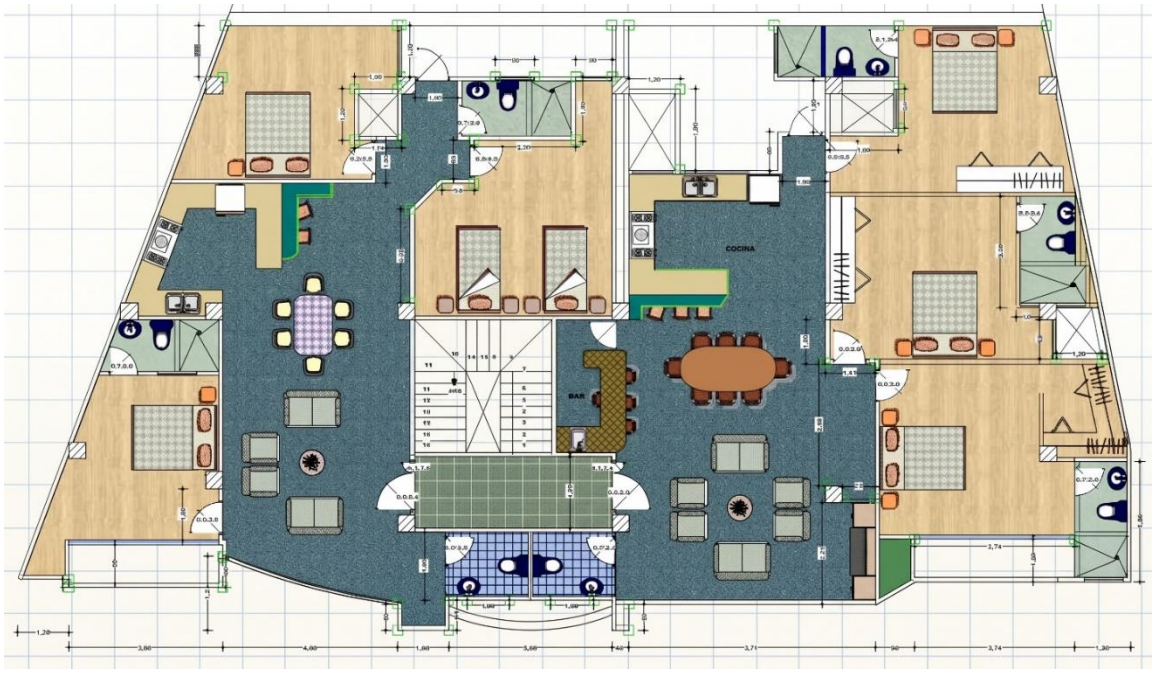


Figura 12: *Planta tipo para departamentos*

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 12 corresponde a la planta tipo de los departamentos ubicados en los pisos 3, 4, 5 y 6 del edificio multifamiliar. Esta distribución mantiene una organización espacial repetitiva en dichos niveles, permitiendo identificar de manera clara la disposición de los ambientes interiores, las circulaciones y la relación entre los espacios evaluados dentro del caso de estudio. Además, el edificio cuenta con locales comerciales en la planta baja y consultorios médicos en la primera planta alta. Los planos correspondientes a estos niveles, así como la documentación gráfica complementaria del edificio, se incorporan en los anexos de la investigación.

Espacios interiores evaluados

Durante el trabajo de campo se inspeccionaron los ambientes representativos de la vivienda, considerando espacios destinados a actividades de convivencia, descanso y preparación de alimentos. En cada uno de ellos se realizaron observaciones técnicas, registro fotográfico y mediciones específicas relacionadas con la iluminación natural, el confort térmico, la calidad del aire interior, el desempeño acústico y la calidad de las vistas, de acuerdo con el criterio evaluado.

Tabla 17 *Espacios interiores evaluados y variables analizadas*

Espacio	Calidad del aire	Confort térmico	Iluminación natural	Calidad de las vistas	Desempeño acústico
Sala	✓	✓	✓	✓	✓
Comedor	✓	✓	✓	✓	✓
Cocina	✓	✓	✓	—	✓
Dormitorio	✓	✓	✓	✓	✓
Balcón	✓	✓	✓	✓	✓

Los espacios interiores seleccionados para la evaluación corresponden a aquellos ambientes donde los ocupantes desarrollan la mayor parte de sus actividades diarias y permanecen durante períodos prolongados. La sala, el comedor, la cocina, el dormitorio y el balcón fueron considerados representativos para el análisis de la calidad del ambiente interior, ya que en ellos se manifiestan las principales condiciones relacionadas con la ventilación, el confort térmico, la iluminación natural, el desempeño acústico y la calidad de las vistas.

3.2.2 Etapa 2: Instrumentos y herramientas de evaluación

La segunda fase correspondió al levantamiento de información en el edificio multifamiliar seleccionado como caso de estudio. Para ello, se realizaron visitas técnicas con el propósito de recopilar información mediante la observación directa de los espacios interiores y exteriores, permitiendo identificar las condiciones ambientales y arquitectónicas relacionadas con la categoría Calidad del Ambiente Interior (Indoor Environmental Quality, IEQ) de la certificación LEED v4.1.

Materiales e instrumentos

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversos materiales e instrumentos destinados a la recopilación, el registro y el análisis de la información obtenida durante el trabajo de campo y la revisión documental. Estos recursos permitieron evaluar las condiciones existentes en el edificio multifamiliar y compararlas con los criterios establecidos en la categoría Calidad del Ambiente Interior (*Indoor Environmental Quality*, IEQ) de la certificación LEED.

Los materiales utilizados comprenden equipos tecnológicos, documentos técnicos y herramientas de medición, mientras que los instrumentos de investigación se orientan a la observación, el registro y la sistematización de la información recopilada durante el proceso de análisis.

Luxómetro

,



Figura 13: *Dispositivo Luxómetro*

Fuente: *Elaboración Propia*

El luxómetro se empleó para medir los niveles de iluminancia en los diferentes espacios del edificio, expresados en lux (lx). Las mediciones permitieron evaluar el aprovechamiento de la iluminación natural y determinar si las condiciones lumínicas favorecen el confort visual de los ocupantes, conforme a los criterios de la categoría Calidad del Ambiente Interior (IEQ).

Ficha técnica del luxómetro

Tabla 18 *Características técnicas del luxómetro utilizado*

Característica	**Especificación**
Marca	GOSSEN
Modelo	MAVOLUX 5032 B USB
Rango	0,01 a 199 900 lx
Resolución	0,01 lx
Exactitud	±3 % de la lectura ±1 dígito
Calibración	Calibración recomendada por el fabricante cada 12 a 24 meses
Norma Aplicada	DIN 5032-7, Clase B; EN 13032-1

Fuente: *GOSSEN (2023), MAVOLUX 5032 B USB: Operating Instructions.*

Termohigrómetro



Figura 14: *Dispositivo Termohigrómetro*

Fuente: *Elaboración Propia*

El termohigrómetro se utilizó para registrar la temperatura del aire y la humedad relativa en los espacios interiores del edificio. Estos datos permitieron analizar las condiciones de confort térmico y verificar si el ambiente interior presenta características adecuadas para el bienestar de los ocupantes.

Ficha técnica del termohigrómetro

Tabla 19 *Características técnicas del termohigrómetro utilizado*

Característica	**Especificación**
Marca	SNDWAY
Modelo	SW-524
Rango	30 a 130 dB
Resolución	0,1 dB
Exactitud	±1,5 dB, con referencia de 94 dB a 1 kHz
Calibración	El fabricante recomienda verificación o ajuste anual mediante una fuente acústica de 94 dB a 1 kHz

Fuente: *Thermolabil (2023), Termo-higrómetro digital HTC-1: Manual de uso.*

Sonómetro



Figura 15: *Dispositivo Sonómetro*

Fuente: *Elaboración Propia*

El sonómetro se empleó para medir los niveles de presión sonora presentes en los espacios evaluados. Las mediciones permitieron analizar el desempeño acústico del edificio e identificar posibles fuentes de ruido que pudieran afectar el confort de los usuarios.

Ficha técnica del sonómetro

Tabla 20 *Características técnicas del sonómetro utilizado*

Característica	**Especificación**
Marca	
Modelo	HTC-1
Rango	Temperatura: -10 a 50 °C / Humedad relativa: 10 a 99 % HR
Resolución	Temperatura: 0,1 °C / Humedad: 1 % HR
Exactitud	Temperatura: ±1 °C / Humedad: ±5 % HR en el rango de 40 a 80 % HR
Calibración	No se dispone de certificado de calibración; se verificó el funcionamiento del equipo previo a las mediciones

Fuente: *Elaboración propia con base en SNDWAY (s. f.), Sound Level Meter: User's Manual.*

Cinta métrica



Figura 16: *Cinta métrica*

Fuente: *Kywi (2023)*

La cinta métrica se utilizó para verificar dimensiones de espacios, ventanas, puertas y otros elementos arquitectónicos relacionados con los criterios de evaluación. Estas mediciones facilitaron el análisis de aspectos como la ventilación natural, el ingreso de iluminación y la configuración espacial del edificio.

Fichas de observación

Tabla 21 *Formato de ficha*

Datos	**Información**
Código de ficha	F-IEQ-01
Fecha	
Hora	
Edificio	
Espacio evaluado	

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 1: Desempeño mínimo de la calidad del aire interior

Tabla 22 *Calidad del aire interior*

Indicador	Forma de verificación	Evidencia Registrada
Ventilación natural adecuada	Observación de aberturas operables y posibilidad de ingreso de aire exterior	Ventanas operables y condiciones de apertura
Ventilación cruzada	Verificación de aberturas ubicadas en diferentes puntos del espacio que permitan circulación de aire	Ubicación y relación entre ventanas y puertas
Ausencia de fuentes visibles de contaminación	Inspección visual de humedad, condensación, polvo, humo u otras fuentes contaminantes	Registro fotográfico y ficha de observación
Condiciones adecuadas del aire interior	Observación de olores persistentes, humedad y condiciones generales de ventilación	Anotaciones realizadas durante las visitas técnicas

Fuente: *Elaboración propia*

El primer apartado de la ficha de observación estuvo orientado a evaluar las condiciones de ventilación y calidad del aire interior del edificio. Se analizaron aspectos relacionados con la presencia de ventilación natural, ventilación cruzada, posibles fuentes de contaminación y la percepción general de la circulación del aire, considerando los lineamientos establecidos por LEED v4.1.

Criterio 2: Control del humo de tabaco ambiental

Tabla 23 *Humo de tabaco ambiental*

Indicador	Forma de verificación	Evidencia Registrada
Existen avisos de prohibición	Observación de señalización, normas internas o restricciones relacionadas con el consumo de tabaco	Registro mediante ficha de observación
Ausencia de evidencias de consumo de tabaco	Inspección visual de colillas, ceniceros, humo u olores asociados al consumo de tabaco	Observación directa y registro fotográfico

Protección de accesos y aberturas frente al humo	Verificación de posibles fuentes de humo próximas a accesos, ventanas y otras aberturas del edificio	Observación del entorno inmediato y condiciones de las aberturas

Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente, se evaluó el cumplimiento de las condiciones relacionadas con el control del humo de tabaco ambiental. Se verificó la existencia de señalización, la ausencia de evidencias de consumo y las condiciones de los accesos al edificio, conforme a los requisitos establecidos por LEED.

Criterio 3: Materiales de bajas emisiones

Con el propósito de identificar posibles fuentes de contaminación asociadas a los acabados interiores, se registraron los materiales presentes en los espacios evaluados, considerando principalmente pinturas, adhesivos, selladores y productos de madera compuesta.

La evaluación se orientó a la identificación de información relacionada con compuestos orgánicos volátiles (COV) y, cuando correspondió, con emisiones de formaldehído. La inspección visual permitió reconocer los tipos generales de materiales instalados; sin embargo, no fue utilizada para clasificarlos como de emisión baja, media o alta. Cuando no se dispuso de ficha técnica, certificado, ensayo o documentación del fabricante, el cumplimiento del criterio se consideró no verificable.

Tabla 24 *Materiales de bajas emisiones*

Indicador	**Forma de verificación**	**Evidencia Registrada**
Pinturas de bajas emisiones	Identificación del tipo de acabado y revisión de información relacionada con COV	Tipo de pintura o recubrimiento presente en los espacios evaluados
Adhesivos o selladores de bajas emisiones	Identificación de productos empleados en acabados y consideración de COV	Presencia y aplicación de adhesivos o selladores en revestimientos
Materiales inherentemente no emisores	Identificación de materiales como cerámica, vidrio, piedra o elementos similares	Tipo de material y ubicación dentro del espacio

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 4: Confort térmico

Tabla 25 *Confort térmico*

Espacio	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Sala	Registro mediante termohigrómetro HTC-1	Registro mediante termohigrómetro HTC-1
Dormitorio	Registro mediante termohigrómetro HTC-1	Registro mediante termohigrómetro HTC-1
Cocina	Registro mediante termohigrómetro HTC-1	Registro mediante termohigrómetro HTC-1

Fuente: *Elaboración propia*

Para evaluar las condiciones de confort térmico se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa mediante un termohigrómetro. Los datos obtenidos permitieron analizar si las condiciones ambientales del edificio favorecen el bienestar de los ocupantes.

Criterio 5. Iluminación natural

Tabla 26 *Medición con luxómetro*

Espacio	Lux medidos	Valor recomendado	Cumple	Observaciones
Sala	luxómetro GOSSEN MAVOLUX 5032 B USB			Condiciones de iluminación natural registradas durante la medición
Dormitorio	luxómetro GOSSEN MAVOLUX 5032 B USB			Condiciones de iluminación natural registradas durante la medición
Cocina	luxómetro GOSSEN MAVOLUX 5032 B USB			Condiciones de iluminación natural registradas durante la medición
Baño	luxómetro GOSSEN MAVOLUX 5032 B USB			Condiciones de iluminación natural registradas durante la medición

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 6. Desempeño acústico

Tabla 27 *Medición con sonómetro*

Espacio	Nivel de ruido (dB)	Cumple	Observaciones
Sala	Registro mediante sonómetro SNDWAY SW-524		Se considera **≤ 35 dB(A)** durante el periodo diurno y vespertino.
Balcón	Registro mediante sonómetro SNDWAY SW-524		Para áreas exteriores habitables se considera como referencia **≤ 55 dB(A)** durante el día.

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 7. Calidad de las vistas exteriores

Tabla 28 *Calidad de las vistas exteriores*

Aspecto observado	Si	No	Observaciones
Existe vista al exterior			Registrar si el espacio cuenta con una abertura que permita una relación visual directa con el exterior.
La vista favorece el confort visual			Describir la amplitud, profundidad y calidad de la vista disponible desde el espacio interior.
No existen obstáculos importantes			Identificar la presencia de edificaciones, muros, vegetación u otros elementos que puedan limitar el campo visual.

Fuente: *Elaboración propia*

Plano de ubicación de puntos de medición

En la Figura 17 se presenta el plano del caso de estudio con la localización de los puntos codificados utilizados durante el levantamiento. El punto **L-01** corresponde a las mediciones de iluminancia realizadas con el luxómetro; **TH-01,** corresponde a las mediciones de temperatura y humedad relativa registradas con el termohigrómetro; y **S-01**corresponde a las mediciones de niveles de presión sonora realizadas con el sonómetro.



Figura 17: *Plano con puntos codificados de ubicación*

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 29 *Condiciones de los puntos de medición*

Condición	S-01	L-01	S-02	L-02	TH-01	TH-02
Espacio	Balcón	Sala	Sala	Cocina	Comedor	Dormitorio
Altura de medición	1,20 m	0,75 m	1,20 m	0,75 m	1,10 m	1,10 m
Distancia a ventana	0,50 m respecto a la abertura	1,10 m	2,20 m	1,20 m	2,20 m	1,50 m
Distancia a muro	1,00 m	1,00 m	1,10 m	1,00 m	1,10 m	1,20 m
Orientación	Hacia fachada principal	Hacia fachada principal	Hacia fachada principal	Hacia fachada exterior	Hacia fachada exterior	Hacia fachada exterior
Duración	5 min	1 min	5 min	1 min	15 min	15 min
Condición de puertas y ventanas	Puerta de conexión con la sala abierta	Ventanas abiertas; iluminación artificial apagada	Ventanas abiertas y puerta de acceso cerrada	Ventana abierta; iluminación artificial apagada	Ventanas abiertas y puertas interiores abiertas	Ventana abierta y puerta interior abierta
Ocupación	1 persona	1 persona	2 personas	1 persona	2 personas	1 persona
Clima	Parcialmente nublado	Parcialmente despejado	Parcialmente nublado	Parcialmente despejado	Parcialmente nublado	Parcialmente nublado

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1 Fase 3. Análisis e interpretación de la información

La tercera fase de la investigación corresponde al procesamiento, análisis e interpretación de la información recopilada durante el trabajo de campo. Los datos obtenidos mediante la aplicación de las fichas de observación, el registro fotográfico y las mediciones de iluminación natural, temperatura, humedad relativa, niveles de presión sonora y dimensiones de los espacios fueron organizados y sistematizados en tablas y matrices de análisis, con el propósito de facilitar su interpretación y comparación.

El análisis se fundamenta en los prerrequisitos y créditos de la categoría Indoor Environmental Quality (IEQ) de la certificación LEED v4.1 Building Design and Construction (BD+C), desarrollada por el U.S. Green Building Council (USGBC, 2023). Este sistema de certificación establece criterios técnicos para evaluar la calidad del ambiente interior de las edificaciones, considerando aspectos como el desempeño mínimo de la calidad del aire interior, el control del humo de tabaco ambiental, los materiales de bajas emisiones, el confort térmico, la iluminación natural, la calidad de las vistas y el desempeño acústico.

Para las variables cuantitativas, los resultados obtenidos mediante el luxómetro, termohigrómetro y sonómetro fueron comparados con los parámetros establecidos por la documentación técnica de LEED v4.1 y con las normas de referencia adoptadas por este sistema de certificación. En el caso del confort térmico, el análisis se fundamentó en la Norma ANSI/ASHRAE Standard 55, referente internacional para la evaluación de las condiciones térmicas aceptables en edificaciones. Para la calidad del aire interior se consideraron los criterios establecidos en la Norma ANSI/ASHRAE Standard 62.1, mientras que la evaluación de la iluminación natural tomó como referencia los lineamientos incorporados por LEED y las recomendaciones de la Illuminating Engineering Society (IES) para ambientes interiores. En cuanto al desempeño acústico, se consideraron los criterios establecidos por LEED y las normas ISO 3382 e ISO 16283, utilizadas internacionalmente para la evaluación del comportamiento acústico en edificaciones.

Las variables cualitativas fueron analizadas mediante la ficha de observación, verificando el cumplimiento de los indicadores definidos para cada prerrequisito y crédito de la categoría IEQ. Cada indicador fue evaluado utilizando una escala de cumplimiento compuesta por tres niveles:

Cumple, Cumple parcialmente y No cumple, permitiendo valorar de forma homogénea el desempeño ambiental del edificio en relación con los criterios establecidos por LEED v4.1.

Con el propósito de sistematizar los resultados, se elaboró una matriz de evaluación que permitió comparar cada criterio analizado con la evidencia obtenida durante el trabajo de campo. Esta herramienta facilitó la identificación de fortalezas, deficiencias y oportunidades de mejora para el edificio multifamiliar, constituyendo la base para la formulación de recomendaciones orientadas a optimizar la calidad del ambiente interior. De acuerdo con el U.S. Green Building Council (2023), la evaluación sistemática de los créditos y prerrequisitos de LEED permite identificar estrategias de mejora que contribuyen al desempeño ambiental, al bienestar de los ocupantes y a la sostenibilidad de las edificaciones.

Criterio IEQ	Indicador evaluado	Evidencia obtenida	Resultado	Nivel de cumplimiento	Observaciones
Desempeño mínimo de la calidad del aire interior				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Control del humo de tabaco ambiental				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Materiales de bajas emisiones				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Confort térmico				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Iluminación natural				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Calidad de las vistas				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	
Desempeño acústico				Cumple / Cumple parcialmente / No cumple	

Los resultados obtenidos fueron interpretados de manera integral para determinar el grado de cumplimiento del edificio respecto a los criterios de la categoría Calidad del Ambiente Interior. Este análisis permitió establecer un diagnóstico del desempeño ambiental interior y fundamentó la formulación de estrategias y recomendaciones dirigidas a mejorar las condiciones de confort, salud y bienestar de los usuarios, favoreciendo una mayor aproximación a los estándares de sostenibilidad promovidos por la certificación LEED v4.1.

Datos Obtenidos

En este apartado se presentan los datos obtenidos durante el levantamiento y análisis de los espacios seleccionados. La información recopilada se organiza en tablas de acuerdo con los diferentes parámetros evaluados, permitiendo visualizar de manera ordenada las condiciones encontradas en el proyecto. Estos resultados servirán como base para el análisis y la interpretación de los criterios evaluados.

Criterio 1: Desempeño mínimo de la calidad del aire interior

Tabla 30 *Datos calidad del aire interior*

Indicador evaluado	**Resultado observado**
Ventanas operables	Sí
Ingreso de aire natural	Sí
Renovación del aire	Adecuada
Ventilación cruzada	Si
Obstrucciones en las aberturas	No existe
Evidencia de humedad o condensación	No existe
Olores persistentes	No existe

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 2: Control del humo de tabaco ambiental

Tabla 31 *Datos control del humo de tabaco ambiental*

Indicador evaluado	**Resultado observado**
Evidencia de consumo de tabaco en el interior	No
Presencia de olor a humo de tabaco	No
Colillas o ceniceros en el ambiente	No
Ingreso de humo de tabaco desde el exterior	No se evidenció
Señalización de prohibición de fumar	SI

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 3: Materiales de bajas emisiones.

Tabla 32 *Datos Materiales de bajas emisiones*

Material	Ubicación	Evidencia disponible	Resultado de evaluación
Pintura látex	Muros	Identificación visual; sin ficha técnica o certificado del producto	No verificable
Cerámica	Piso	Identificación visual del material	Material inherentemente no emisor
Madera aglomerada	Mobiliario	Identificación visual; sin ficha técnica o certificado de emisiones de formaldehído	No verificable
Adhesivo	Revestimientos	Presencia asociada al revestimiento; sin ficha técnica o certificado de COV	No verificable

Fuente: *Elaboración propia*

Criterio 4: Confort térmico

Tabla 33 *Registro de temperatura y humedad relativa*

Mes	Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
9-Mayo	08:17	24,6	79
20-Mayo	12:43	29,8	68
30-Mayo	16:38	31,2	65
6-Junio	08:12	24,1	81
11-Junio	12:26	28,9	71
27-Junio	16:13	30,5	67
12-Julio	08:48	23,8	82
26-Julio	12:57	28,2	73
31-Julio	16:25	29,7	69

Fuente: *Elaboración propia*

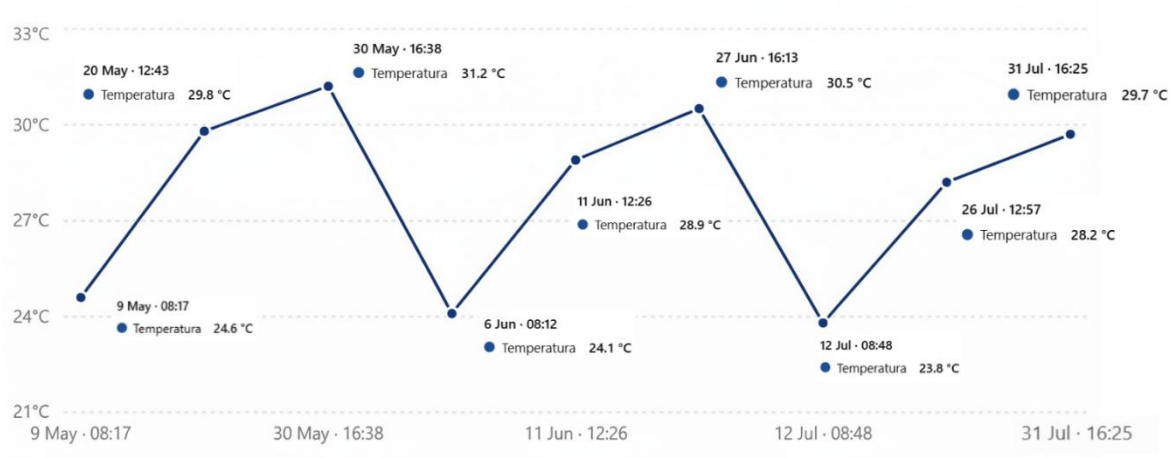


Figura 18: *Variación de la temperatura durante el período de medición*

Fuente: Mediciones realizadas en campo

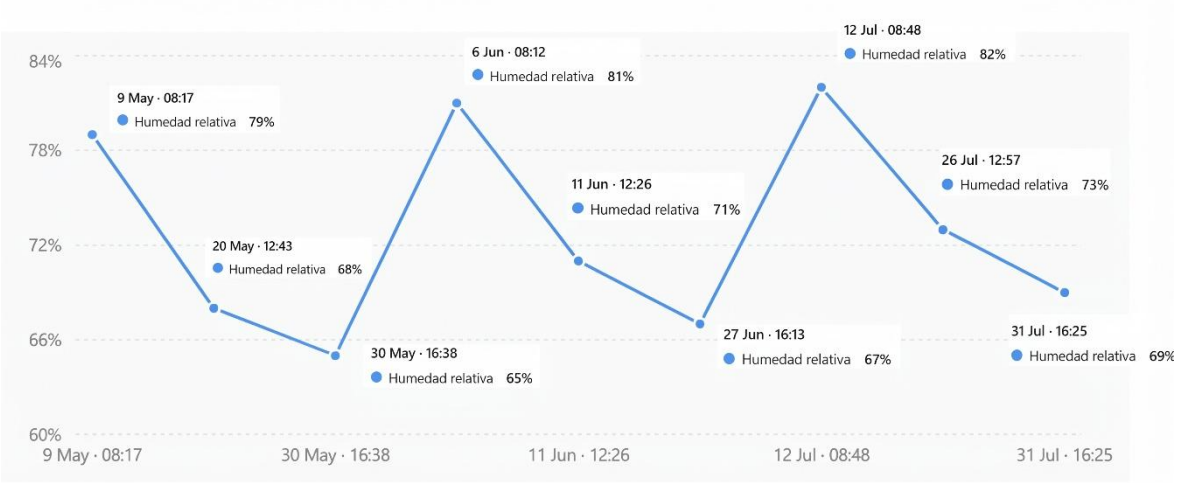


Figura 19: *Humedad relativa registrada durante las mediciones*

Fuente: Mediciones realizadas en campo

Criterio 5. Iluminación natural

Tabla 34 *Registro de Iluminación natural*

Mes	Hora	Nivel de iluminación (lux)
9-Mayo	08:17	365
20-Mayo	12:43	645
30-Mayo	16:38	482
6-Junio	08:12	348
11-Junio	12:26	618
27-Junio	16:13	455
12-Julio	08:48	331
26Julio	12:57	587
31-Julio	16:25	429

Fuente: *Elaboración propia*

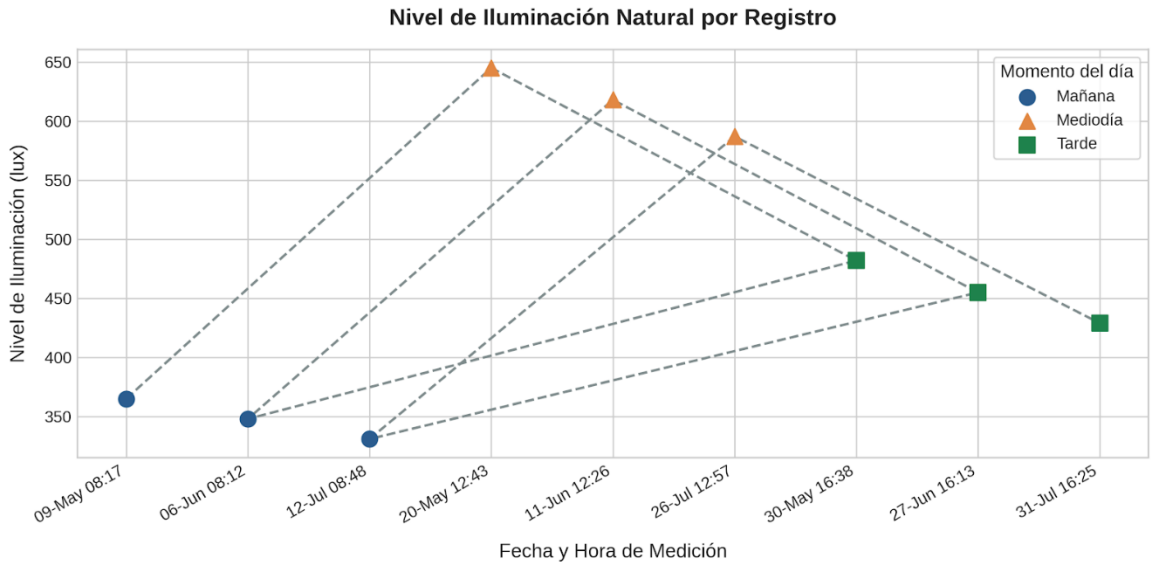


Figura 20: *Nivel de iluminación durante las mediciones*

Fuente: Mediciones realizadas en campo

Criterio 6. Desempeño acústico

Tabla 35 *Registro del desempeño acústico*

Mes	Hora	Nivel de ruido (dB)
9-Mayo	08:21	41
20-Mayo	12:49	53
30-Mayo	16:47	57
6-Junio	08:28	43
11-Junio	12:38	55
27-Junio	16:24	58
12-Julio	08:56	42
26-Julio	13:08	54
31-Julio	16:36	56

Fuente: *Elaboración propia*

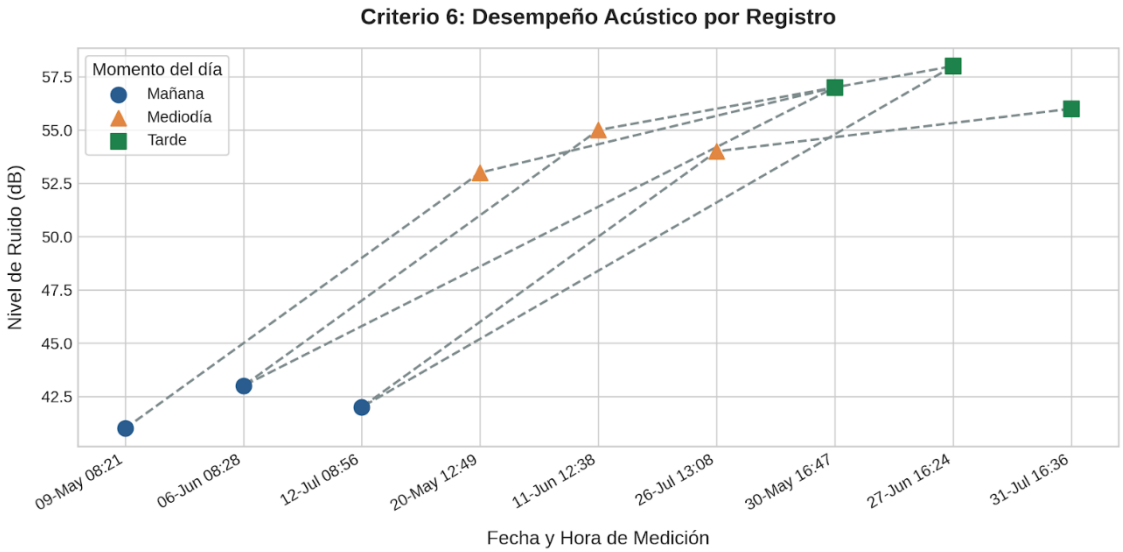


Figura 21: *Nivel de ruido*

Fuente: Mediciones realizadas en campo

Criterio 7. Calidad de vistas

Tabla 36 *Registro de calidad de las vistas*

Aspecto observado	Si	No	Observaciones
Existe vista al exterior	x		
La vista favorece el confort visual	x		
No existen obstáculos importantes	x		Cables aéreos de instalaciones

Fuente: *Elaboración propia*



Vistas hacia el exterior

Fuente: Elaboración Propia



Vistas hacia el exterior

Fuente: Elaboración Propia

La calidad de las vistas presenta una amplitud favorable y permite una relación visual directa con el entorno urbano y natural circundante. Aunque no se identifican obstáculos de gran escala que limiten significativamente el campo visual, la presencia de cables aéreos genera una interferencia parcial en la percepción del paisaje exterior.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos mediante la evaluación de los criterios de Calidad del Ambiente Interior (IEQ) establecidos por LEED v4.1 en el edificio multifamiliar objeto de estudio. El análisis permite determinar las condiciones existentes en el edificio y establecer el nivel de cumplimiento de cada criterio a partir de las observaciones y mediciones realizadas.

Tabla 37 *Matriz de evaluación*

Criterio IEQ	Evidencia obtenida	Resultado	Nivel de cumplimiento	Observaciones
Desempeño mínimo de la calidad del aire interior	Ventanas operables, ingreso de aire natural y ventilación cruzada. No se observaron obstrucciones, humedad, condensación ni olores persistentes.	Renovación de aire adecuada	Cumple	-
Control del humo de tabaco ambiental	No se evidenció consumo de tabaco, olores, colillas, ceniceros ni ingreso de humo desde el exterior.	No se identificaron fuentes de humo de tabaco	Cumple	-
Materiales de bajas emisiones	Se identificaron pintura látex, revestimientos cerámicos, madera aglomerada y adhesivos en los espacios interiores evaluados.	La cerámica se reconoce como material inherentemente no emisor. En pinturas, adhesivos y madera aglomerada, la evaluación se orientó a la presencia de COV y formaldehído, según corresponda.	Cumple parcialmente	Se recomienda priorizar pinturas, adhesivos, selladores y productos de madera compuesta con características de bajas emisiones de COV y formaldehído.

Confort térmico	Se registraron temperaturas entre 23,8 °C y 31,2 °C y humedad relativa entre 65 % y 82 %.	Condiciones térmicas variables durante el período de medición	Cumple	Se recomienda estrategia de mejora
Iluminación natural	Mediciones entre 331 y 645 lux en los períodos evaluados.	Aporte adecuado de iluminación natural	Cumple	-
Calidad de las vistas	Se verificó presencia de vistas hacia el exterior y ausencia de obstáculos importantes.	Existe conexión visual con el exterior	Cumple	-
Desempeño acústico	Mediciones de ruido entre 41 y 58 dB durante los diferentes períodos de evaluación.	Niveles de ruido variables	Cumple	Los niveles más elevados se presentan durante períodos de mayor actividad

4.1 Desempeño mínimo de la calidad del aire interior

La evaluación de la calidad del aire interior evidencia condiciones favorables en el edificio. Se identificó la presencia de ventanas operables, ingreso de aire natural y ventilación cruzada, lo que permite favorecer la renovación del aire dentro de los espacios. Además, no se observaron obstrucciones importantes en las aberturas, presencia de humedad o condensación ni olores persistentes.

Estas condiciones permiten considerar que el edificio presenta características adecuadas para favorecer la renovación natural del aire interior. Por lo tanto, de acuerdo con los aspectos observados,si cumple.

4.2 Control del humo de tabaco ambiental

Durante la evaluación no se identificaron evidencias de consumo de tabaco dentro de los espacios analizados. Tampoco se registraron olores relacionados con el humo, presencia de colillas o ceniceros, ni indicios de ingreso de humo desde el exterior. Adicionalmente, se observó señalización relacionada con la prohibición de fumar.Las condiciones observadas permiten establecer que existe un control adecuado frente a la exposición al humo de tabaco dentro del edificio. Por lo tanto, este criterio cumple.

4.3 Materiales de bajas emisiones

En los espacios interiores se identificó el uso de pintura látex en muros, cerámica en pisos, madera aglomerada en mobiliario y adhesivos en revestimientos. La cerámica se considera un material inherentemente no emisor, mientras que en pinturas, adhesivos y productos de madera compuesta la evaluación se relaciona con la presencia de COV y formaldehído.

Por ello, se recomienda priorizar materiales y productos con características de bajas emisiones y documentación técnica que respalde su desempeño ambiental.

4.4 Confort térmico

Los registros obtenidos muestran una variación de la temperatura interior entre 23,8 °C y 31,2 °C, mientras que la humedad relativa se encontró entre 65 % y 82 %. Esta variación evidencia que las condiciones térmicas del edificio cambian considerablemente durante el período de evaluación.

Las temperaturas más elevadas se registraron principalmente durante las horas de mayor incidencia térmica, mientras que los valores más bajos correspondieron a las mediciones realizadas durante la mañana. Estas condiciones pueden generar diferencias en la percepción de confort de los ocupantes, especialmente durante los períodos de mayor temperatura.

Por lo tanto, aunque el edificio presenta condiciones que permiten cierto nivel de confort mediante ventilación natural, se identifican oportunidades de mejora relacionadas con el control de las ganancias térmicas y la regulación de la temperatura interior.

4.5 Iluminación natural

Los niveles de iluminación natural registrados se encontraron entre 331 y 645 lux. Los resultados evidencian que los espacios evaluados reciben un aporte importante de iluminación natural, favorecido principalmente por la presencia de aberturas y superficies acristaladas.

Los valores obtenidos muestran condiciones generalmente favorables para el aprovechamiento de la luz natural durante las diferentes horas de evaluación. Sin embargo, la variación de los niveles de iluminancia demuestra que el aporte de luz natural depende de factores como la hora del día y las condiciones exteriores.

4.6 Calidad de vistas

La evaluación permitió identificar la existencia de vistas hacia el exterior desde los espacios analizados. Las vistas disponibles favorecen la relación visual de los ocupantes con el entorno y no se identificaron obstáculos importantes que interfieran de manera significativa con ellas.

La presencia de visuales hacia el exterior constituye una condición favorable para la calidad ambiental interior, debido a que permite mantener una conexión visual con el entorno.

4.7 Desempeño acústico

Los niveles de ruido registrados durante las mediciones se encontraron entre 41 y 58 dB. Se observa una variación relacionada con los diferentes momentos del día, registrándose los niveles más elevados durante las mediciones realizadas en horas de mayor actividad.

Los resultados muestran que el edificio presenta condiciones acústicas variables. Si bien algunos registros corresponden a niveles moderados, los valores superiores pueden afectar el confort de los ocupantes dependiendo del uso del espacio y de la duración de la exposición al ruido.

Por esta razón, se considera necesario fortalecer las estrategias de aislamiento y control de las fuentes sonoras, especialmente en aquellos espacios destinados al descanso.

4.8 ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA SU DESEMPEÑO SOSTENIBLE

Dado que los registros de temperatura alcanzaron picos de hasta $31{,}2$ C y humedades relativas de hasta el 82%, es fundamental implementar medidas que mitiguen las ganancias térmicas y regulen la humedad sin depender de sistemas mecánicos excesivos:

- **Aleros:** Permiten bloquear parte de la radiación solar directa sobre las ventanas, especialmente en horas de mayor incidencia. Su aplicación puede reducir la ganancia térmica en el interior y ayudar a mantener temperaturas más estables sin limitar significativamente la entrada de luz natural.
- **Lamas:** Funcionan como elementos de control solar que regulan el ingreso de radiación según su orientación y separación. Pueden disminuir el sobrecalentamiento, mejorar el confort térmico y reducir el deslumbramiento en los espacios interiores
- **Toldo**: Constituyen una alternativa flexible para proteger las aberturas de la radiación solar directa. Su uso puede disminuir la temperatura interior en determinados periodos del día y mejorar el confort de los ocupantes, manteniendo la posibilidad de retirarlos o ajustarlos según las condiciones climáticas.

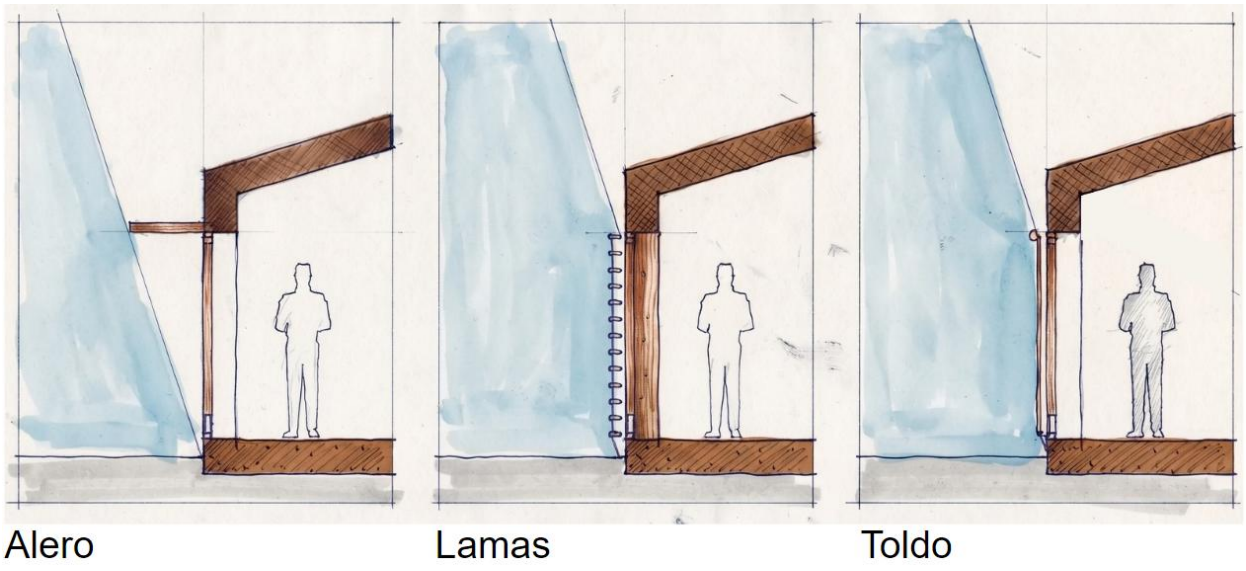


Figura 22: *Protecciones solares exteriores*

Fuente: Elaboración Propia

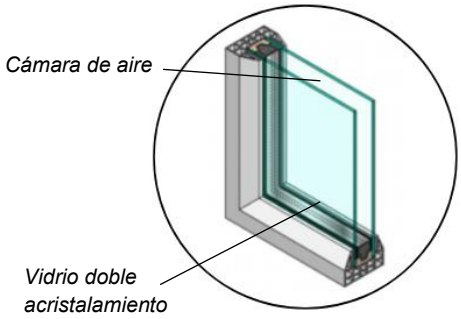
4.8.1 Mitigación Acústica y Confort Sonoro

Los niveles de ruido registrados alcanzaron hasta 58 dB en las horas de mayor actividad, lo que puede vulnerar el descanso y la privacidad de los ocupantes:

- **Ventanas acústicas:** Uso de ventanas con doble acristalamiento y cámara de aire intermedia puede reducir la transmisión del ruido proveniente del exterior hacia los espacios interiores. Su incorporación, acompañada de marcos con buen sellado y juntas herméticas, puede mejorar el aislamiento acústico de salas y dormitorios, favoreciendo mejores condiciones de descanso, privacidad y confort sonoro.

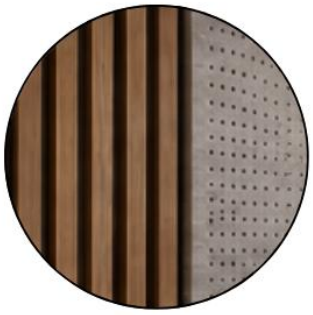
- **Acondicionamiento de Espacios Interiores:** Incorporar elementos absorbentes en zonas comunes o de alta concurrencia (como paneles acústicos decorativos, alfombras de bajas emisiones o cortinas pesadas) que reduzcan la reverberación y mejoren el aislamiento entre unidades residenciales contiguas.

Ventanas doble cámara



A)Detalle constructivo de carpintería hermética con vidrio de doble acristalamiento y cámara de aire intermedia.

Paneles acústicos decorativos



B)Panel acústico absorbente ranurado combinado con alistonado vertical de madera para control de ecos.

Cortinas Pesadas



C)Acondicionamiento textil interior mediante cortinas pesadas de alta absorción sonora.

Figura 23: *Recomendaciones acústicas*

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La aplicación de los criterios de Calidad del Ambiente Interior (IEQ) establecidos por LEED v4.1 permitió identificar y analizar las principales condiciones ambientales presentes en el edificio multifamiliar estudiado. Los resultados obtenidos muestran que estos criterios pueden ser utilizados como una herramienta de diagnóstico para evaluar el desempeño ambiental de edificaciones residenciales en ciudades intermedias como el cantón Balsas, incluso sin que exista un proceso formal de certificación LEED.

En relación con la calidad del aire interior, la edificación presenta condiciones generalmente favorables debido a la presencia de ventanas operables y a la posibilidad de generar ventilación natural y cruzada en los espacios habitables. Estas características favorecen la renovación del aire y disminuyen la acumulación de humedad y olores. No obstante, la presencia de madera aglomerada en mobiliario fijo y determinados adhesivos y revestimientos representa un aspecto susceptible de mejora debido a sus posibles emisiones químicas.

Los resultados del confort térmico evidencian que la edificación presenta una respuesta variable frente a las condiciones climáticas exteriores. Las superficies vidriadas de la fachada noroeste favorecen la entrada de radiación solar directa, produciendo un incremento de la temperatura interior durante las horas de mayor exposición. Por lo tanto, aunque la ventilación natural contribuye a mejorar las condiciones interiores, esta por sí sola no resulta suficiente para controlar completamente la ganancia de calor solar en los períodos más cálidos.

El análisis de la iluminación natural y las visuales hacia el exterior mostró condiciones favorables para los ocupantes. La configuración de los vanos permite un adecuado ingreso de luz natural a los espacios evaluados, reduciendo la dependencia de iluminación artificial durante determinadas horas del día. De igual manera, las visuales hacia el exterior aportan una relación favorable entre los espacios interiores y el entorno, constituyendo un factor positivo dentro de la calidad ambiental y el bienestar de los usuarios.

Respecto al confort acústico, las mediciones realizadas evidenciaron variaciones en los niveles de presión sonora dependiendo del horario y del nivel de actividad presente en el entorno. Si bien existen períodos en los que las condiciones son aceptables, durante los momentos de mayor actividad se registran niveles que pueden afectar el confort de los usuarios, principalmente en espacios destinados al descanso. Esto evidencia la necesidad de mejorar el aislamiento acústico de las carpinterías y considerar estrategias de control del ruido exterior y de los espacios colindantes.

5.2 RECOMENDACIONES

Implementar estrategias de control solar pasivo en futuras intervenciones y en el diseño de nuevas edificaciones multifamiliares en el cantón Balsas, especialmente en las fachadas con mayor exposición a la radiación solar. La incorporación de aleros, celosías, parasoles horizontales o verticales y otros elementos de protección solar permitirá reducir la ganancia de calor hacia los espacios interiores y mejorar las condiciones de confort térmico. Estas estrategias pueden complementarse con el uso de vidrios de control solar cuando las características del proyecto lo permitan.

Diseñar considerando la selección de materiales y productos de bajas emisiones, principalmente en elementos como mobiliario fijo, pinturas, adhesivos, sellantes y revestimientos. Esta selección permitirá disminuir las posibles fuentes de contaminación del aire interior y contribuir a mantener condiciones ambientales más favorables durante la vida útil de la edificación. Además, incorporar estos criterios desde las primeras etapas del diseño facilitará la integración de soluciones compatibles con los principios de calidad del ambiente interior establecidos por LEED.

Fomentar la incorporación de soluciones de aislamiento acústico que permitan disminuir la transmisión de ruido proveniente del exterior y de los espacios colindantes. La selección adecuada de carpinterías, vidrios y elementos constructivos con mejores prestaciones acústicas puede contribuir a generar espacios más confortables, especialmente en las áreas destinadas al descanso. Estas soluciones deberán plantearse de manera integral con las estrategias de ventilación e iluminación natural, evitando que la mejora de un criterio afecte negativamente a los demás.

Realizar futuras investigaciones que amplíen el análisis hacia otras categorías de la certificación LEED, como Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos y Eficiencia en el Uso del

Agua. Asimismo, incorporar herramientas de simulación energética y ambiental que permitan complementar las mediciones realizadas en campo, comparar diferentes escenarios de mejora y determinar cuáles estrategias presentan mayor incidencia sobre el desempeño ambiental de las edificaciones multifamiliares en ciudades intermedias del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. (2022). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and acceptable indoor air quality*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. (2023). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2023: Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Brager, G. S., & de Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: A literature review. *Energy and Buildings, 27*(1), 83–96. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4

BRE. (2022). *BREEAM International New Construction Manual*. Building Research Establishment.

Cole, R. J. (2012). Transitioning from green to regenerative design. *Building Research & Information, 40*(1), 39–53. https://doi.org/10.1080/09613218.2011.610608

de Dear, R. J., & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings, 34*(6), 549–561. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1

Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management, 86*(3), 451–464. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025

Feng, W., Zhou, N., & Levine, M. (2021). Window systems and building energy performance. *Energy and Buildings, 250*, 111284. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111284

Geng, Y., Ji, W., Wang, Z., Lin, B., & Zhu, Y. (2019). A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy and Buildings, 183*, 500–514. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.11.017

GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH. (2023). *MAVOLUX 5032 B USB: Operating instructions*. GOSSEN.

Halawa, E., & van Hoof, J. (2012). The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. *Energy and Buildings, 51*, 101–110. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.04.011

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC.

International Finance Corporation. (2021). *EDGE Green Building Certification System*. IFC.

Johansson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., & Krüger, E. (2018). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies. *Urban Climate, 24*, 3–21. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.01.001

Perera, U. S., Weerasuriya, A. U., Zhang, X., Ruparathna, R., Tharaka, M. G. I., & Lewangamage, C. S. (2025). Selection of suitable passive design strategies for high-rise residential buildings in tropical climates to minimize building energy demand. *Building and Environment, 267*, 112177. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112177

Khoshbakht, M., Gou, Z., Lu, Y., Xie, X., & Zhang, J. (2018). Are green buildings more satisfactory? A review of global evidence. *Habitat International, 74*, 57–65. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.02.005

Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: Green building design and delivery* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Latha, P. K., Darshana, Y., & Venugopal, V. (2023). Energy efficiency in buildings. *Energy Reports, 9*, 540–556. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.01.015

Lee, E. (2019). Indoor environmental quality (IEQ) of LEED-certified home: Importance-performance analysis (IPA). *Building and Environment, 149*, 571–581. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.038

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Zonificación climática del Ecuador*. MIDUVI.

Montilla Pacheco, J., et al. (2024). Condiciones climáticas y arquitectura tropical en América Latina. *Revista de Arquitectura y Urbanismo, 45*(2), 55–71.

Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production, 143*, 710–718. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055

Santibáñez Halphen, E., et al. (2021). Daylighting and visual comfort in residential buildings. *Building and Environment, 188*, 107450. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107450

SNDWAY. (s. f.). *Sound level meter: User's manual* [Manual del sonómetro digital SW-524]. SNDWAY.

Tang, H., Ding, Y., & Singer, B. C. (2020). Interactions and comprehensive effect of indoor environmental quality factors on occupant satisfaction. *Building and Environment, 167*, 106462. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106462

Thermolabil Temperature Control. (2023). *Termo-higrómetro digital HTC-1: Manual de uso*. Thermolabil.

United Nations Environment Programme. (2022). *2022 global status report for buildings and construction*. UNEP.

U.S. Green Building Council. (2023a). *LEED reference guide for building design and construction*. USGBC.

U.S. Green Building Council. (2023b). *LEED v4.1 residential building design and construction guide*. USGBC.

Vásquez, N. G., Rupp, R. F., Andersen, R. K., & Toftum, J. (2022). Occupants' responses to window views, daylighting and lighting in buildings: A critical review. *Building and Environment, 219*, 109172. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109172

Wang, L., & Zheng, D. (2020). Integrated analysis of energy, indoor environment, and occupant satisfaction in green buildings using real-time monitoring data and on-site investigation. *Building and Environment, 182*, 107014. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107014

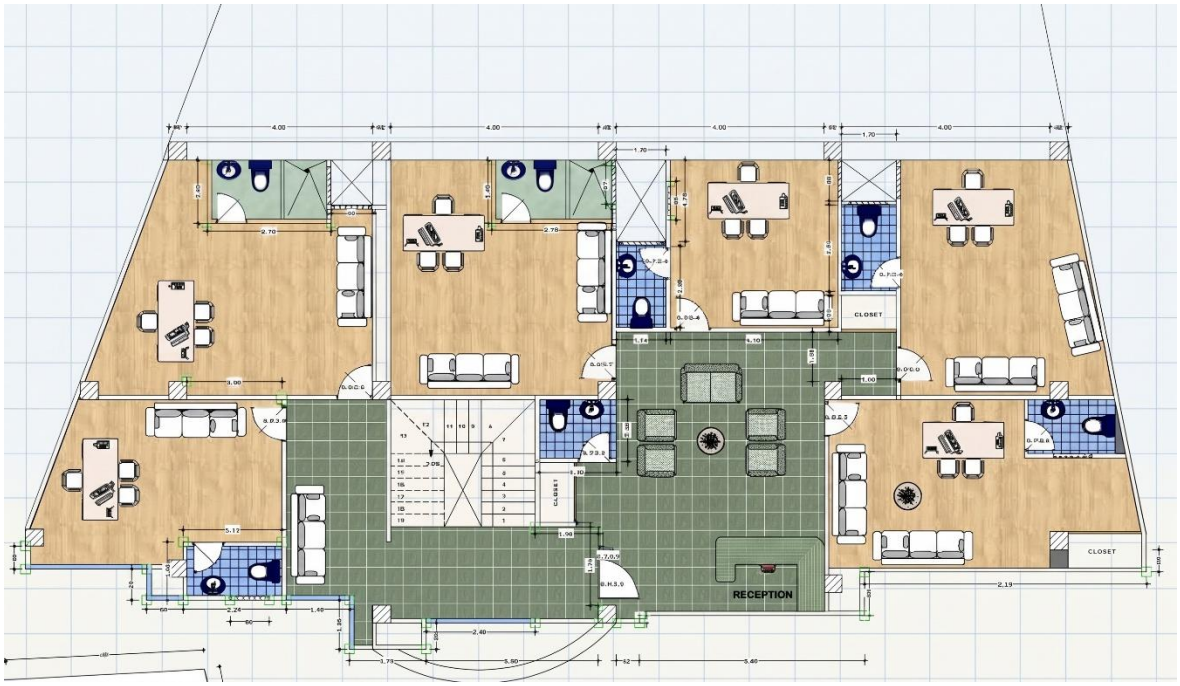
Yao, R., Zhang, S., Du, C., Schweiker, M., Hodder, S., Olesen, B. W., Toftum, J., D'Ambrosio, F. R., Gebhardt, H., Zhou, S., Yuan, F., & Li, B. (2022). Evolution and performance analysis of adaptive thermal comfort models—A comprehensive literature review. *Building and Environment, 217*, 109020. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109020

ANEXOS

Anexo 1: Planta Baja Locales Comerciales



Anexo 2: Planta Alta



Anexo 3: Ficha de observación F-IEQ-01

Código de ficha	F-IEQ-01
Fecha	09-mayo-2026
Hora base de medición	08:17
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Calidad mínima del aire interior	Ventanas operables; ingreso de aire natural; ventilación cruzada; sin humedad, condensación ni olores persistentes.	Cumple	Se observó circulación natural de aire y ausencia de obstrucciones visibles en las aberturas.
Control del humo de tabaco	Sin olor a humo, colillas ni ceniceros; accesos libres de humo; señalización de prohibición.	Cumple	No se evidenció consumo de tabaco durante la visita ni ingreso perceptible de humo desde el exterior.
Materiales de bajas emisiones	Pintura látex y cerámica: posible emisión baja; madera aglomerada y adhesivos: posible emisión media.	Cumple parcialmente	Los acabados predominantes presentan baja emisión aparente; se mantiene una limitación por madera procesada.
Confort térmico	Temperatura: 24,6 °C; humedad relativa: 79 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 365 lux.	Cumple parcialmente	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 41 dB.	Cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora
Calidad de las vistas	Vista al exterior disponible; sin obstáculos importantes.	Cumple	La visual exterior se mantiene desde los espacios con fachada y favorece la conexión con el entorno.

Anexo 4: Ficha de observación F-IEQ-02

Código de ficha	F-IEQ-02
Fecha	20-mayo-2026
Hora base de medición	12:43
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 29,8 °C; humedad relativa: 68 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 645 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 53 dB.	Cumple parcialmente	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora.
Calidad de las vistas	Vista al exterior disponible; sin obstáculos importantes.	Cumple	La visual exterior se mantiene desde los espacios con fachada y favorece la conexión con el entorno.

Anexo 5: Ficha de observación F-IEQ-03

Código de ficha	F-IEQ-03
Fecha	30-mayo-2026
Hora base de medición	16:38
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 31,2 °C; humedad relativa: 65 %.	No cumple	Condición evaluada con termohigrómetro
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 482 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 57 dB.	No cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora.

Anexo 6: Ficha de observación F-IEQ-04

Código de ficha	F-IEQ-04
Fecha	06-junio-2026
Hora base de medición	08:12
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 24,1 °C; humedad relativa: 81 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 348 lux.	Cumple parcialmente	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 43 dB.	Cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora.

Anexo 7: Ficha de observación F-IEQ-05

Código de ficha	F-IEQ-05
Fecha	11-junio-2026
Hora base de medición	12:26
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 28,9 °C; humedad relativa: 71 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 618 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 55 dB.	Cumple parcialmente	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora

Anexo 8: Ficha de observación F-IEQ-06

Código de ficha	F-IEQ-06
Fecha	27-junio-2026
Hora base de medición	16:13
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 30,5 °C; humedad relativa: 67 %.	No cumple	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 455 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 58 dB.	No cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora.

Anexo 9: Ficha de observación F-IEQ-07

Código de ficha	F-IEQ-07
Fecha	12-julio-2026
Hora base de medición	08:48
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 23,8 °C; humedad relativa: 82 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 331 lux.	Cumple parcialmente	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 42 dB.	Cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora

Anexo 10: Ficha de observación F-IEQ-08

Código de ficha	F-IEQ-08
Fecha	26-julio-2026
Hora base de medición	12:57
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 28,2 °C; humedad relativa: 73 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 587 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 54 dB.	Cumple parcialmente	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora

Anexo 11: Ficha de observación F-IEQ-09

Código de ficha	F-IEQ-09
Fecha	31-julio-2026
Hora base de medición	16:25
Edificio	Edificio multifamiliar RR, Balsas
Espacio evaluado	Departamento tipo: sala, comedor, cocina, dormitorio y balcón

Criterio IEQ	**Registro / evidencia**	**Resultado**	**Observación**
Confort térmico	Temperatura: 29,7 °C; humedad relativa: 69 %.	Cumple parcialmente	Condición evaluada con termohigrómetro.
Iluminación natural	Iluminancia registrada: 429 lux.	Cumple	Se registró aporte de luz natural mediante aberturas y superficies acristaladas; el nivel varía con la hora del día.
Desempeño acústico	Nivel de ruido: 56 dB.	No cumple	Se identificó variación del ambiente sonoro según la actividad y la hora

Anexo 12: *Evidencia de medición*

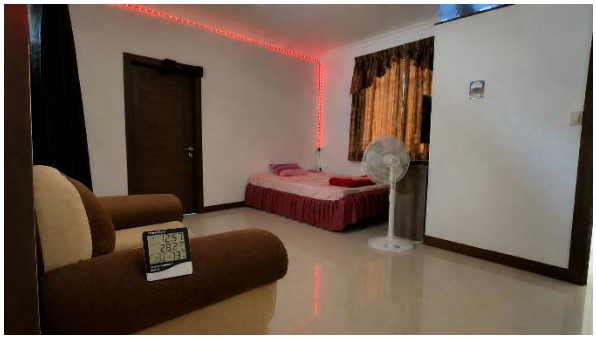


Figura 24: *Dormitorio*

Elaboración Propia

Anexo 13: Evidencias de medición con sonómetro



Figura 25: *Sala*

Fuente: Elaboración Propia

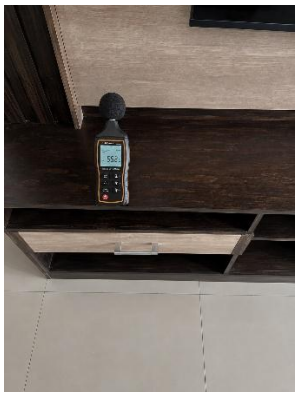


Figura 26: *Medición Sonómetro*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Evidencias de medición con luxómetro



Figura 27: *Cocina*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 28: *Medición*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Espacios interiores



Figura 29: *Lavandería*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Espacios exterior



Figura 30: *Balcón*

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Específicaciones técnicas Luxómetro

	MAVOLUX 5032 B USB
Iluminancia [Lux]	0,01 lx…199 900 lx/ 0,001 fc…19 990 fc
Luminancia	0,1 cd/m²…1 999 000 cd/m²/0,01 fL…199 900 fL con accesorio de luminancia opcional, no clasificado
Rangos de medición	5
Selección del rango de medición	Automático/manual
Tasa de medición	2 por segundo
Método de medición	Medición de distancia, Medición de distancia, Medición de contacto con accesorio de luminancia opcional
Sensor de medición	Fotodiodo de silicio con filtro V (λ)
Sonda con rosca para trípode	•
Cable de medición	1,5 m, enchufable
Memoria de valores medidos	100 valores medidos
Límite de error – V(λ) adaptado (f1'), típico	< 3 %
Límite de error: error general, típico	≤ 8 %
Exactitud	± 3 % de la lectura ± 1 dígito

Fuente: (GOSSEN,2026)

Anexo 18: Especificaciones técnicas Sonómetro

Parámetro	Valor
Exactitud	±1,5 dB (basado en la fuente de sonido estándar de 94 dB a 1 kHz)
Rango de respuesta en frecuencia	31,5 Hz ~ 8,5 kHz
Rango de medición	30~130 dB
Carácter de ponderación de frecuencia	Ponderación A y ponderación C
Visualización de dígitos numéricos	3,5 dígitos, resolución 0,1 dB, frecuencia de muestreo 2 veces/segundo
Visualización de escala dinámica	30~130 dB (1 escala equivale a 2 dB)
Salida de señal de CA	✔
Salida de señal de CC	✔
Tiempo de respuesta	RÁPIDO y LENTO
Micrófono	Micrófono de condensador de 6 mm
Máximo	✔
Min	✔
Advertencia	Establezca el valor máximo de advertencia
Almacenamiento	1 unidad/segundo, almacenando 17 horas constantemente
Conectando con el ordenador	mediante cable de datos USB
Batería	3 pilas AAA de 1,5 V
Temperatura y humedad de funcionamiento	0 °C~40 °C, 10 %~80 % HR
Temperatura y humedad de almacenamiento	-10 °C a 60 °C, 10 % a 70 % de humedad relativa.

Fuente: (SNDWAY, 2026)

Anexo 19: Específicaciones técnicas termohigrómetro

Descripción general | General Description

Número de Modelo	HTC-1
Model Number	HTC-1
Nombre	Termómetro e Higrómetro Digital para Interior y Exterior HTC-1 con Reloj
Name	Indoor and Outdoor Digital Thermometer & Hygrometer HTC-1 with Clock
Rango de humedad	10% ~ 99% RH
Humidity range	10% ~ 99% RH
Resolución de temperatura	0.1°C (0.1°C)
Temperature resolution	0.1°C (0.1°C)
Resolución de humedad	1% RH
Humidity resolution	1% RH
Medidas	105 x 98 x 24mm
Dimension	105 x 98 x 24mm
Peso neto	114g
Net Weight	114g
Certificación	CE/IOS
Certification	CE/IOS
Color	Blanco y Negro
Color	White and Black

Especificaciones del productos | Product specifications

Rango de temperatura	-10 ºC ~ +50ºC (-14ºF ~ +122ºF)
Temperature measurement range	-10 ºC ~ +50ºC (-14ºF ~ +122ºF)
Precisión de temperatura	±1ºC (1.8ºF)
Temperature measurement accuracy	±1ºC (1.8ºF)
Resolución de tempertura	±0.1ºC (0.2ºF)
Temperature resolution	±0.1ºC (0.2ºF)
Rango de humedad	10%~99% rH
Humidity measuring range	10%~99% rH
Precisión de humedad	±5%rH (40% ~ 80%)
Humidity measuring accuracy	±5%rH (40% ~ 80%)
Resolución de humedad	1% rH
Humidity resolution	1% rH
Batería	1 ud* AAA 1.5V
Power	1 pcs* AAA 1.5V

Fuente: (Thermolabil Temperature Control, 2023)

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Janner Miguel Ramirez Maldonado portador de la cédula de ciudadanía N.º 0705762755. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis de la certificación LEED y su aplicación en edificio multifamiliar ubicado en el cantón Balsas” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de octubre del 2026

F: ……..

Janner Miguel Ramirez Maldonado

0705762755