



**DEPARTAMENTO
DE POSGRADOS**



Departamento de Posgrados

Análisis de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial en Cuenca, Ecuador.

Título de cuarto nivel a obtener

Magister en Desarrollo Inmobiliario

Autor:

Juan Carlos Nieto Sarmiento

Director:

Pablo Esteban Ochoa Pesantez

Cuenca, Ecuador 2026

DEDICATORIA

A mi madre, por su amor incondicional, su entrega constante y por ser el pilar que sostiene cada uno de mis pasos. Tu paciencia, tus oraciones y tu fe en mí han sido el impulso fundamental para alcanzar esta meta profesional.

A la memoria de mi padre, quien partió durante el desarrollo de esta maestría. Su ejemplo de trabajo, sus enseñanzas y su legado de vida me acompañan siempre y continúan siendo mi mayor guía.

Este logro es de ambos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Azuay, por abrirme sus puertas y brindarme el entorno institucional idóneo para el desarrollo de esta maestría, consolidándose como el espacio donde el rigor académico y la excelencia se encuentran.

A mis profesores de la maestría, por compartir desinteresadamente su vasto conocimiento y experiencia. Más allá de su impecable cátedra, destaco de manera muy especial su profunda calidad humana y empatía; gracias a esas enriquecedoras conversaciones, debates y orientaciones fuera del aula, logré absorber aprendizajes invaluable que trascendieron lo teórico y moldearon mi perspectiva profesional y personal.

A mis compañeros de maestría, excelentes profesionales, pero, sobre todo, extraordinarias personas. Agradezco sinceramente el compañerismo, la calidad humana y cada una de las ideas e intercambios compartidos en el camino; de cada diálogo y experiencia vivida a su lado me llevo lecciones de vida que fueron fundamentales para llegar a la feliz culminación de este objetivo.

RESUMEN

El trabajo de titulación analiza la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial en Cuenca, Ecuador. Su propósito es demostrar que la sostenibilidad puede incorporarse al desarrollo inmobiliario como un criterio práctico de decisión, evaluando costos, ahorro potencial, facilidad de implementación y pertinencia técnica.

La investigación parte de una revisión teórica sobre sostenibilidad, eficiencia hídrica, eficiencia energética y herramientas de referencia aplicables a edificaciones residenciales. A partir de ello, se plantea una metodología aplicada, descriptiva y analítica, basada en la comparación entre una condición base y una condición mejorada.

Para seleccionar el caso de estudio, se analiza previamente el universo de edificaciones registradas en Cuenca mediante información del SIGEO-Cuenca. Este análisis permite priorizar edificaciones residenciales o vivienda-comercio de mayor altura, por su capacidad para incluir unidades habitacionales, áreas comunes, sistemas generales y consumos compartidos.

El caso seleccionado es el Edificio Carrara, una edificación existente de uso vivienda-comercio en Cuenca. El edificio cuenta con departamentos, locales comerciales, parqueaderos, áreas comunes, sistema de abastecimiento de agua, bombeo, ascensores, iluminación común y generador eléctrico de respaldo, lo que permite identificar consumos privados y comunes.

El análisis determina que los principales consumos de agua potable se concentran en duchas, fregaderos de cocina, lavamanos, inodoros y lavanderías. En energía eléctrica, los consumos relevantes se relacionan con iluminación interior, equipos eléctricos básicos, iluminación de locales, iluminación común, ascensores y sistema de bombeo.

Los resultados muestran que las soluciones con mayor viabilidad son los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina, las duchas ahorradoras, la optimización de sensores y horarios en áreas comunes y la verificación o sustitución de luminarias, siempre que se confirme que no son LED. En conclusión, el estudio demuestra que es posible mejorar el desempeño del edificio mediante soluciones progresivas, de baja o mediana complejidad, aplicables también como referencia para proyectos residenciales similares en Cuenca.

PALABRAS CLAVE

Viabilidad técnica; viabilidad económica; soluciones sostenibles; agua potable; energía eléctrica; desarrollo inmobiliario; edificación residencial.

ABSTRACT Y KEYWORDS

This research analyzes the technical and economic feasibility of sustainable solutions aimed at reducing potable water and electricity consumption in a residential real estate project in Cuenca, Ecuador. The study focuses on the Carrara Building, an existing mixed-use residential and commercial building, selected through technical criteria related to location, building use, number of floors, availability of information, and potential for applying sustainable strategies.

The methodology follows an applied, descriptive, and analytical approach. It compares a base condition with an improved condition, identifying the main water and electricity consumption points in apartments, commercial units, common areas, and general building systems. Based on this analysis, different sustainable solutions were evaluated, including water-saving devices, efficient faucets, low-flow showers, operational control measures, lighting optimization, and preventive maintenance of building systems.

The results show that the most technically and economically feasible solutions are efficient devices for kitchen sinks, low-flow showers, optimization of sensors and lighting schedules in common areas, and the verification or replacement of lighting fixtures when they are not LED. The study concludes that sustainable improvements in existing residential buildings do not necessarily require complex or high-cost interventions. Instead, progressive, low- and medium-complexity solutions can contribute to reducing resource consumption and supporting decision-making in sustainable real estate development.

KEYWORDS

Technical feasibility; economic feasibility; sustainable solutions; potable water consumption; electricity consumption; residential real estate development; Cuenca.



INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación de la investigación	1
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Pregunta de investigación.....	3
1.5 Alcance y delimitación del estudio	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.	5
2.1 Sostenibilidad en el desarrollo inmobiliario residencial	5
2.2 Consumo de agua potable y energía eléctrica en edificaciones residenciales	6
2.3 Soluciones sostenibles aplicables a proyectos inmobiliarios residenciales	7
2.4 Viabilidad técnica de soluciones sostenibles	8
2.5 Viabilidad económica e incidencia presupuestaria en proyectos inmobiliarios	9
2.6 Referentes y herramientas de sostenibilidad aplicables a edificaciones residenciales	11
2.7 Antecedentes y estado del arte	12
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	14
3.1 Enfoque y tipo de investigación	14
3.2 Diseño metodológico.....	15
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información	16
3.4 Selección del proyecto inmobiliario residencial de análisis	17
3.5 Identificación de soluciones sostenibles aplicables	21
3.6 Definición de la condición base y condición mejorada	24
3.7 Criterios de análisis técnico y económico	25
3.8 Procesamiento y análisis comparativo de la información	27
CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y SOLUCIONES SOSTENIBLES ..	30
4.1 Análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en Cuenca	30
4.2 Identificación de tipologías edificatorias con potencial de análisis	31
4.3 Priorización de la tipología edificatoria de análisis	33
4.4 Selección del caso de estudio	35
4.5 Descripción general del proyecto inmobiliario residencial seleccionado	38
4.6 Caracterización arquitectónica y funcional del edificio	40
4.7 Identificación de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica	43
4.8 Matriz de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica	46
4.9 Definición de la condición base del Edificio Carrara.....	51
4.10 Definición de la condición mejorada del Edificio Carrara	55
4.11 Parámetros de costos, consumos y ahorro estimado.....	60
4.12 Comparación económica entre condición base y condición mejorada.....	67

4.13 Evaluación de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles	74
4.14 Síntesis de resultados del análisis del Edificio Carrara	79
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1 Conclusiones.....	84
5.2 Recomendaciones	86
5.3 Limitaciones del estudio.....	88
5.4 Líneas futuras de investigación	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico del análisis técnico y económico.....	16
Figura 2. Vista actual del Edificio Carrara.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipologías preliminares de edificaciones registradas en Cuenca	30
Tabla 2. Potencial de análisis según tipología edificatoria	32
Tabla 3. Matriz de priorización de tipologías edificatorias para el análisis	34
Tabla 4. Matriz de selección del caso de estudio	35
Tabla 5. Características generales del Edificio Carrara.....	39
Tabla 6. Organización arquitectónica y funcional del Edificio Carrara	41
Tabla 7. Identificación preliminar de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica en el Edificio Carrara	44
Tabla 8. Matriz de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica del Edificio Carrara	48
Tabla 9. Condición base del Edificio Carrara	53
Tabla 10. Soluciones propuestas para la condición mejorada del Edificio Carrara ..	56
Tabla 11. Comparación entre condición base y condición mejorada del Edificio Carrara.....	58
Tabla 12. Parámetros generales para el análisis de costos, consumos y ahorro estimado	61
Tabla 13. Expresiones de cálculo para ahorro e incidencia económica	63
Tabla 14. Costos referenciales de soluciones sostenibles propuestas para el Edificio Carrara.....	64
Tabla 15. Consumos y valores mensuales referenciales obtenidos para el análisis económico	68
Tabla 16. Comparación económica preliminar entre condición base y condición mejorada.....	70
Tabla 17. Matriz de evaluación de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles	76
Tabla 18. Síntesis de resultados de viabilidad de soluciones sostenibles.....	80
Tabla 19. Recomendaciones principales derivadas del análisis	87

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El desarrollo inmobiliario residencial enfrenta actualmente el desafío de incorporar soluciones sostenibles que contribuyan a reducir el consumo de recursos durante la etapa de uso de las edificaciones. En ciudades como Cuenca, donde existe una creciente preocupación por la eficiencia en el uso del agua potable y la energía eléctrica, resulta necesario que los proyectos inmobiliarios no solo consideren aspectos de diseño, costo de construcción y comercialización, sino también el desempeño operativo que tendrán las viviendas una vez habitadas.

En el ámbito residencial, el consumo de agua potable y energía eléctrica constituye una parte importante del funcionamiento cotidiano de la vivienda. Por ello, la incorporación de soluciones sostenibles, como aparatos sanitarios de bajo consumo, griferías eficientes, iluminación LED, equipos eléctricos de menor demanda u otras alternativas técnicas, puede representar una oportunidad para mejorar el desempeño ambiental del proyecto y reducir costos operativos para los usuarios. Sin embargo, estas soluciones no siempre son evaluadas de manera previa desde su viabilidad técnica y económica dentro del desarrollo inmobiliario.

El problema principal radica en que, en muchos proyectos residenciales, la sostenibilidad se incorpora de forma parcial, intuitiva o comercial, sin un análisis que permita determinar si las soluciones seleccionadas son realmente aplicables al proyecto, cuánto inciden en el presupuesto de obra, qué ahorro potencial pueden generar y si su implementación resulta conveniente frente a una condición convencional. Esta situación limita la toma de decisiones técnicas y económicas durante la formulación del proyecto, debido a que no siempre se cuenta con información comparativa que permita valorar la pertinencia de invertir en soluciones sostenibles.

En este contexto, se evidencia la necesidad de analizar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial de Cuenca. Este análisis permitirá comparar una condición base con una condición mejorada, estimar costos de implementación, valorar ahorros potenciales y determinar qué soluciones presentan mejores condiciones de aplicabilidad dentro del proyecto. De esta manera, la sostenibilidad podrá ser abordada como un criterio práctico de decisión dentro del desarrollo inmobiliario residencial, y no únicamente como una intención ambiental o un atributo comercial.

1.2 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de incorporar la sostenibilidad en el desarrollo inmobiliario residencial desde una perspectiva técnica, económica y aplicable al contexto local. En la actualidad, los proyectos inmobiliarios no solo deben responder a condiciones de diseño, normativa, presupuesto y comercialización, sino también a la

eficiencia en el uso de los recursos durante la etapa de ocupación de las viviendas. En este sentido, el consumo de agua potable y energía eléctrica constituye un aspecto relevante dentro del desempeño operativo de las edificaciones residenciales.

La sostenibilidad aplicada a la vivienda ha sido abordada por diversos estudios y herramientas de evaluación, como EDGE y Level(s), que reconocen la importancia de medir el desempeño de las edificaciones en relación con el ahorro de energía, agua, materiales, costos del ciclo de vida y condiciones de uso (International Finance Corporation, 2024; Dodd et al., 2017; European Commission, 2021). Asimismo, investigaciones desarrolladas en Cuenca han evidenciado la relevancia de estudiar el consumo energético y el consumo sustentable de agua en viviendas, lo que demuestra que existen antecedentes técnicos y académicos para profundizar en estos componentes desde una perspectiva aplicada.

Sin embargo, en el ámbito del desarrollo inmobiliario, la incorporación de soluciones sostenibles no siempre se analiza desde su viabilidad técnica y económica. En muchos casos, las soluciones orientadas al ahorro de agua potable y energía eléctrica son consideradas únicamente como mejoras adicionales, sin valorar de forma comparativa su costo de implementación, su incidencia en el presupuesto de obra, su facilidad constructiva y el ahorro potencial que podrían generar durante el uso de la vivienda. Esta situación limita la toma de decisiones informadas por parte de promotores, proyectistas y desarrolladores.

Por ello, esta investigación resulta pertinente, ya que permitirá analizar soluciones sostenibles específicas dentro de un proyecto inmobiliario residencial de Cuenca, valorando su aplicabilidad técnica y su conveniencia económica. El estudio aportará una base comparativa para identificar qué soluciones presentan mejores condiciones de implementación, contribuyendo a orientar decisiones más eficientes, responsables y coherentes con el desarrollo inmobiliario sostenible.

El aporte práctico de la investigación radica en que sus resultados podrán servir como referencia para incorporar soluciones sostenibles en proyectos residenciales, considerando no solo su beneficio ambiental, sino también su relación con los costos de obra y el ahorro potencial para los usuarios. En el plano académico, el trabajo contribuirá a fortalecer la discusión sobre sostenibilidad aplicada al desarrollo inmobiliario, integrando criterios ambientales con variables económicas y técnicas propias del proceso de formulación de proyectos.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial de Cuenca, Ecuador, con el fin de identificar alternativas factibles que contribuyan a la toma de decisiones en el desarrollo inmobiliario sostenible.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar soluciones sostenibles aplicables a proyectos inmobiliarios residenciales para la reducción del consumo de agua potable y energía eléctrica, a partir de referentes bibliográficos, técnicos y normativos.
2. Seleccionar y caracterizar el proyecto inmobiliario residencial de análisis, mediante criterios técnicos y de disponibilidad de información que permitan identificar los principales puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica.
3. Evaluar la viabilidad técnica y económica de las soluciones sostenibles seleccionadas, mediante la comparación entre una condición base y una condición mejorada, considerando costos de implementación, ahorro potencial, incidencia presupuestaria y pertinencia de aplicación.

1.4 Pregunta de investigación

¿Qué soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica presentan mayor viabilidad técnica y económica para su aplicación en un proyecto inmobiliario residencial en Cuenca, Ecuador?

1.5 Alcance y delimitación del estudio

El presente estudio se delimita al análisis de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El trabajo se enfoca en soluciones aplicables a la etapa de diseño, especificación y presupuestación del proyecto, con el propósito de valorar su posible incorporación desde una perspectiva práctica para el desarrollo inmobiliario.

El alcance del estudio comprende la identificación de soluciones sostenibles relacionadas con el uso eficiente de agua potable y energía eléctrica, la definición de una condición base o convencional, la comparación con una condición mejorada mediante alternativas sostenibles, y la estimación de costos de implementación, ahorro potencial e incidencia económica dentro del proyecto analizado. Para ello, se considerarán datos técnicos, costos referenciales, tarifas aplicables y parámetros de consumo disponibles.

La investigación no busca desarrollar un sistema de certificación ambiental, crear indicadores nuevos de sostenibilidad ni validar criterios mediante juicio experto. Tampoco pretende evaluar todos los componentes de sostenibilidad de una edificación, como materiales, movilidad, residuos, confort térmico, huella de carbono o ciclo de vida completo. Su delimitación se concentra únicamente en los componentes de agua potable y energía eléctrica, por ser variables medibles, comparables y directamente relacionadas con el uso cotidiano de la vivienda.

De igual manera, el estudio no tiene como finalidad intervenir físicamente el proyecto ni comprobar consumos reales posteriores a la ocupación. El análisis se realizará a partir de

información técnica y presupuestaria disponible, mediante una comparación estimada entre soluciones convencionales y soluciones sostenibles. Por tanto, los resultados permitirán identificar alternativas con mayor viabilidad técnica y económica dentro del proyecto analizado, sin pretender generalizar de forma absoluta los resultados a todos los proyectos residenciales de Cuenca.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

2.1 Sostenibilidad en el desarrollo inmobiliario residencial

La sostenibilidad en el desarrollo inmobiliario residencial se entiende como la integración de criterios ambientales, técnicos, económicos y sociales dentro del proceso de planificación, diseño, construcción y uso de las edificaciones destinadas a vivienda. Este enfoque busca que los proyectos no respondan únicamente a parámetros de localización, rentabilidad, diseño arquitectónico o comercialización, sino también a la eficiencia en el uso de recursos, la reducción de impactos ambientales y la mejora de las condiciones de habitabilidad para los usuarios.

En el ámbito inmobiliario, la sostenibilidad adquiere especial importancia porque las decisiones adoptadas durante la formulación y diseño de un proyecto inciden directamente en el desempeño futuro de las viviendas. La selección de materiales, sistemas constructivos, instalaciones hidrosanitarias, equipamiento eléctrico, iluminación y soluciones tecnológicas puede influir en el consumo de agua potable, energía eléctrica, costos operativos y mantenimiento durante la vida útil de la edificación. Por esta razón, el análisis de sostenibilidad debe incorporarse desde etapas tempranas del proyecto, cuando todavía es posible tomar decisiones que mejoren el desempeño sin afectar de manera significativa la viabilidad del desarrollo.

En proyectos residenciales, la sostenibilidad no debe interpretarse únicamente como la incorporación de elementos ecológicos o tecnologías de alto costo, sino como la selección razonada de soluciones que permitan optimizar el uso de recursos y generar beneficios medibles. Desde esta perspectiva, una solución sostenible debe ser ambientalmente pertinente, técnicamente aplicable y económicamente razonable. Esta condición resulta fundamental en el desarrollo inmobiliario, donde las decisiones de diseño y especificación deben equilibrar el costo de inversión, la factibilidad constructiva, la aceptación del mercado y el beneficio para el usuario final.

El desarrollo inmobiliario residencial sostenible implica, por tanto, una relación directa entre desempeño ambiental y toma de decisiones económicas. Un proyecto puede incorporar estrategias de reducción de consumo de agua potable y energía eléctrica, pero su pertinencia dependerá de su costo de implementación, facilidad de instalación, disponibilidad en el mercado local, ahorro potencial y aporte al valor del inmueble. En este sentido, la sostenibilidad se convierte en un criterio práctico de gestión del proyecto, más que en un concepto general o meramente declarativo.

En el caso de ciudades intermedias como Cuenca, la sostenibilidad aplicada al desarrollo inmobiliario residencial representa una oportunidad para promover proyectos más eficientes y adaptados al contexto local. La incorporación de soluciones orientadas al ahorro de agua potable y energía eléctrica puede contribuir a mejorar el desempeño de las viviendas, reducir

gastos de operación para los usuarios y fortalecer la competitividad de los proyectos inmobiliarios. Sin embargo, para que estas soluciones sean incorporadas de forma responsable, es necesario analizarlas desde su viabilidad técnica y económica, evitando decisiones basadas únicamente en criterios comerciales o percepciones generales sobre sostenibilidad.

Por ello, la sostenibilidad en el desarrollo inmobiliario residencial debe abordarse como un proceso de decisión que permita identificar qué soluciones aportan beneficios reales, cuáles pueden implementarse de forma factible y qué incidencia generan dentro del presupuesto del proyecto. Esta aproximación permite vincular el enfoque ambiental con la lógica propia del desarrollo inmobiliario, donde la eficiencia, la inversión y el desempeño del producto final deben analizarse de manera conjunta.

En este sentido, la sostenibilidad aplicada al desarrollo inmobiliario residencial puede entenderse como un proceso de evaluación del desempeño de la edificación, en el cual se relacionan criterios ambientales, técnicos y económicos. Herramientas como EDGE y Level(s) permiten comprender que la sostenibilidad en edificaciones debe analizarse mediante indicadores verificables, comparación de escenarios, reducción de consumos y evaluación de costos durante la vida útil del edificio (International Finance Corporation, 2024; Dodd et al., 2017; European Commission, 2021).

2.2 Consumo de agua potable y energía eléctrica en edificaciones residenciales

Las edificaciones residenciales requieren de manera permanente el uso de agua potable y energía eléctrica para su funcionamiento cotidiano. Estos recursos están asociados a actividades básicas de la vivienda, como higiene personal, limpieza, preparación de alimentos, iluminación, uso de electrodomésticos, climatización, calentamiento de agua y demás necesidades propias de la ocupación residencial. Por esta razón, el consumo de agua potable y energía eléctrica constituye un aspecto relevante dentro del desempeño operativo de una vivienda.

En el caso del agua potable, el consumo residencial se relaciona principalmente con el uso de aparatos sanitarios, lavamanos, duchas, fregaderos, lavanderías y actividades de limpieza. La eficiencia en este componente depende, en gran medida, de las especificaciones técnicas incorporadas en el proyecto, como el tipo de griferías, sanitarios, accesorios hidráulicos y sistemas complementarios de ahorro. La selección de equipos de bajo consumo puede contribuir a reducir la demanda de agua sin afectar la funcionalidad de la vivienda, siempre que las soluciones sean compatibles con las condiciones técnicas del proyecto y con los hábitos de uso previstos.

Por su parte, la energía eléctrica representa uno de los principales componentes del funcionamiento residencial. Su consumo depende de factores como el diseño de iluminación, la eficiencia de luminarias, el uso de electrodomésticos, la demanda de equipos eléctricos, la ventilación, la iluminación natural y las condiciones de ocupación de la vivienda. En este

sentido, la incorporación de soluciones como iluminación LED, equipos eléctricos eficientes o sistemas de control puede reducir el consumo energético y generar ahorros durante la etapa de uso.

El análisis de estos dos componentes resulta pertinente porque ambos tienen incidencia directa en los costos operativos de la vivienda y en la percepción de eficiencia del usuario final. Una vivienda que reduce su consumo de agua potable y energía eléctrica puede ofrecer mejores condiciones de operación, menor gasto mensual y un desempeño ambiental más favorable. Sin embargo, para que estas soluciones sean incorporadas de forma adecuada dentro de un proyecto inmobiliario, no basta con reconocer sus beneficios generales; es necesario evaluar su costo, facilidad de implementación y ahorro potencial.

En el desarrollo inmobiliario residencial, las decisiones relacionadas con instalaciones hidrosanitarias y eléctricas suelen tomarse durante las etapas de diseño, presupuesto y especificación técnica. Por ello, el análisis previo de alternativas sostenibles permite comparar soluciones convencionales frente a soluciones mejoradas, identificando cuáles ofrecen una mejor relación entre inversión inicial y beneficio operativo. Esta comparación resulta fundamental para evitar que la sostenibilidad sea tratada únicamente como un atributo comercial, sin una evaluación objetiva de su viabilidad.

En consecuencia, el consumo de agua potable y energía eléctrica se constituye en un campo de análisis adecuado para evaluar la sostenibilidad aplicada a proyectos inmobiliarios residenciales. Ambos componentes son medibles, comparables y susceptibles de mejora mediante soluciones técnicas disponibles en el mercado. Su estudio permite vincular el desempeño ambiental de la vivienda con variables económicas relevantes para el promotor, el proyectista y el usuario final.

2.3 Soluciones sostenibles aplicables a proyectos inmobiliarios residenciales

Las soluciones sostenibles aplicables a proyectos inmobiliarios residenciales comprenden aquellas alternativas técnicas, constructivas o de especificación que permiten mejorar el desempeño ambiental de la vivienda, reducir el consumo de recursos y optimizar su funcionamiento durante la etapa de uso. En el contexto del presente estudio, estas soluciones se enfocan específicamente en la reducción del consumo de agua potable y energía eléctrica, por ser componentes directamente relacionados con la operación cotidiana de la edificación y con los costos asumidos por el usuario final.

En proyectos residenciales, las soluciones sostenibles pueden incorporarse desde la etapa de diseño y especificación técnica, sin que necesariamente impliquen transformaciones complejas del proyecto. En muchos casos, se trata de decisiones vinculadas con la selección de aparatos, accesorios, equipos y sistemas de menor consumo, los cuales pueden sustituir alternativas convencionales y generar mejoras en el desempeño de la vivienda. Por esta razón, su análisis resulta pertinente dentro del desarrollo inmobiliario, ya que permite valorar

si dichas soluciones pueden ser incorporadas de manera factible dentro del presupuesto y las condiciones técnicas del proyecto.

En relación con el consumo de agua potable, las soluciones sostenibles pueden incluir aparatos sanitarios de bajo consumo, griferías eficientes, duchas ahorradoras, aireadores, sistemas de control de caudal y otras alternativas que permitan reducir la demanda de agua sin afectar la funcionalidad de la vivienda. Estas soluciones se caracterizan por actuar directamente sobre los puntos de consumo, por lo que su implementación puede evaluarse a partir de cantidades de aparatos, costos unitarios, consumo estimado y ahorro potencial frente a una condición convencional.

En cuanto al consumo de energía eléctrica, las soluciones sostenibles pueden estar relacionadas con el uso de iluminación LED, equipos eléctricos eficientes, sensores de presencia en áreas comunes, sistemas de control, aprovechamiento de iluminación natural y, cuando el proyecto lo permita, alternativas complementarias como generación fotovoltaica. Sin embargo, la selección de estas soluciones debe responder a su aplicabilidad real dentro del proyecto inmobiliario analizado, considerando aspectos como disponibilidad en el mercado, compatibilidad técnica, costo de implementación, mantenimiento y potencial de ahorro.

La pertinencia de una solución sostenible no depende únicamente de su beneficio ambiental, sino también de su viabilidad técnica y económica. Una alternativa puede reducir el consumo de recursos, pero si su costo inicial es elevado, su instalación es compleja o su ahorro proyectado es bajo, su incorporación puede no resultar conveniente para el proyecto. Por ello, el análisis debe considerar tanto las ventajas ambientales como la relación entre inversión, ahorro y facilidad de implementación.

Dentro del desarrollo inmobiliario residencial, estas soluciones también pueden aportar valor al producto final. Una vivienda con menores consumos de agua potable y energía eléctrica puede resultar más atractiva para el usuario, al ofrecer menores gastos operativos y una percepción de mayor eficiencia. No obstante, para que este valor sea sustentable desde el punto de vista del promotor, debe existir claridad sobre el impacto económico que las soluciones generan en el presupuesto de obra y sobre los beneficios que podrían justificar su incorporación.

En consecuencia, el estudio de soluciones sostenibles aplicables a proyectos inmobiliarios residenciales permite trasladar la sostenibilidad desde un enfoque general hacia una evaluación concreta de alternativas. Este enfoque facilita comparar opciones convencionales y mejoradas, identificar soluciones de implementación viable y orientar decisiones de diseño, especificación y presupuesto con base en información técnica y económica.

2.4 Viabilidad técnica de soluciones sostenibles

La viabilidad técnica de una solución sostenible se refiere a la posibilidad real de implementarla dentro de un proyecto determinado, considerando sus condiciones

arquitectónicas, constructivas, normativas, operativas y de disponibilidad. En el caso de proyectos inmobiliarios residenciales, una solución no debe evaluarse únicamente por su capacidad de reducir el consumo de recursos, sino también por su compatibilidad con el diseño, su facilidad de instalación, su mantenimiento, su disponibilidad en el mercado local y su adecuación a las condiciones de uso previstas para la vivienda.

En el componente de agua potable, la viabilidad técnica puede analizarse a partir de la posibilidad de incorporar aparatos sanitarios de bajo consumo, griferías eficientes, duchas ahorradoras o sistemas de control de caudal sin afectar la funcionalidad de los espacios ni generar complejidades constructivas adicionales. Estas soluciones suelen tener una implementación relativamente directa, ya que se relacionan con la especificación de piezas sanitarias y accesorios hidrosanitarios. Sin embargo, deben evaluarse aspectos como presión de agua, compatibilidad con redes instaladas, disponibilidad de repuestos, facilidad de mantenimiento y aceptación del usuario.

En el componente de energía eléctrica, la viabilidad técnica puede estar asociada con la incorporación de luminarias LED, equipos eléctricos eficientes, sensores, controles o sistemas complementarios de ahorro. Para su evaluación, deben considerarse aspectos como compatibilidad con el diseño eléctrico, requerimientos de instalación, vida útil esperada, mantenimiento, disponibilidad de equipos y capacidad de generar una reducción efectiva del consumo. En algunos casos, determinadas alternativas pueden requerir ajustes de diseño o inversión adicional, por lo que su factibilidad debe analizarse dentro de las condiciones reales del proyecto.

La viabilidad técnica también implica valorar si una solución puede implementarse sin comprometer la calidad del proyecto, la seguridad de los usuarios o el cumplimiento normativo. Una alternativa sostenible puede ser adecuada desde el punto de vista ambiental, pero perder pertinencia si demanda modificaciones constructivas complejas, genera dificultades de operación o depende de tecnologías poco accesibles en el contexto local. Por ello, el análisis técnico debe considerar no solo el beneficio esperado, sino también la facilidad de incorporación dentro del proceso de diseño y construcción.

En proyectos inmobiliarios residenciales, este análisis resulta importante porque las decisiones técnicas tienen incidencia directa en el presupuesto, los tiempos de ejecución, la operación futura y la percepción del producto final. Una solución técnicamente viable debe poder integrarse al proyecto de manera clara, sin generar riesgos innecesarios ni afectar la funcionalidad de la vivienda. Por tanto, la viabilidad técnica constituye un filtro inicial para determinar qué soluciones sostenibles pueden avanzar hacia una evaluación económica más detallada.

2.5 Viabilidad económica e incidencia presupuestaria en proyectos inmobiliarios

La viabilidad económica de una solución sostenible se relaciona con la conveniencia de incorporarla dentro de un proyecto, considerando el costo de implementación, el ahorro

potencial que puede generar y su incidencia dentro del presupuesto de obra. En el desarrollo inmobiliario residencial, este análisis resulta fundamental porque las decisiones de diseño y especificación no solo deben responder a criterios técnicos o ambientales, sino también a la capacidad del proyecto para absorber costos adicionales sin afectar su factibilidad económica.

Una solución sostenible puede ser técnicamente aplicable, pero no necesariamente conveniente desde el punto de vista económico. Por ello, su evaluación debe considerar la diferencia entre una condición convencional y una condición mejorada, identificando el costo adicional que representa su implementación y los beneficios económicos que podría generar durante la etapa de uso de la vivienda. Esta comparación permite estimar si la inversión inicial se justifica frente al ahorro proyectado en el consumo de agua potable o energía eléctrica.

La incidencia presupuestaria permite determinar qué peso tiene una solución sostenible dentro del costo total o parcial del proyecto. En este sentido, no basta con conocer el valor absoluto de una alternativa, sino que resulta necesario analizar cuánto representa dentro del presupuesto de obra o dentro del rubro específico al que pertenece. Una solución puede tener un costo mayor frente a una opción convencional, pero si su incidencia porcentual es baja y su beneficio operativo es relevante, podría considerarse económicamente viable.

En el caso de soluciones orientadas a reducir el consumo de agua potable, la viabilidad económica puede analizarse mediante la comparación entre aparatos convencionales y aparatos eficientes, considerando precios unitarios, cantidades requeridas, costo total de implementación y ahorro estimado en consumo. De forma similar, en las soluciones relacionadas con energía eléctrica, se puede comparar la inversión en iluminación eficiente, equipos de menor demanda u otros sistemas frente al ahorro potencial en el consumo eléctrico.

Uno de los indicadores más utilizados para valorar la conveniencia económica de este tipo de soluciones es el periodo simple de recuperación de la inversión, entendido como el tiempo estimado que tarda el ahorro generado en compensar el costo adicional de implementación. Aunque este indicador no reemplaza un análisis financiero complejo, resulta útil en estudios aplicados porque permite comparar alternativas de manera clara y comprensible. Además, puede complementarse con el análisis de ahorro anual estimado, costo incremental e incidencia presupuestaria.

En proyectos inmobiliarios residenciales, la viabilidad económica también debe interpretarse desde la perspectiva del promotor y del usuario final. Para el promotor, la incorporación de soluciones sostenibles puede representar un incremento en el costo de obra, pero también puede aportar valor comercial, diferenciación del producto y mejor percepción del proyecto. Para el usuario, estas soluciones pueden traducirse en menores gastos operativos durante la ocupación de la vivienda. Por ello, el análisis debe considerar tanto la inversión inicial como los beneficios posteriores asociados al uso del inmueble.

La evaluación económica de soluciones sostenibles puede apoyarse en la comparación entre una condición base y una condición mejorada, considerando costos de implementación, ahorro estimado y desempeño operativo. Este enfoque es coherente con herramientas de evaluación como EDGE, que compara escenarios de eficiencia frente a una línea base, y con Level(s), que incorpora el análisis de costos del ciclo de vida como parte de la evaluación de sostenibilidad en edificaciones (International Finance Corporation, 2024; Dodd et al., 2017; European Commission, 2021).

2.6 Referentes y herramientas de sostenibilidad aplicables a edificaciones residenciales

La sostenibilidad en edificaciones residenciales ha sido abordada mediante diversos referentes, herramientas y sistemas de evaluación que permiten medir el desempeño ambiental de los proyectos. Estos instrumentos han contribuido a organizar criterios relacionados con eficiencia energética, uso responsable del agua, materiales, emisiones, confort, costos del ciclo de vida y operación de las edificaciones. Aunque cada herramienta responde a metodologías y alcances específicos, su revisión permite establecer una base técnica para comprender cómo se evalúan las soluciones sostenibles en el entorno construido.

Entre los referentes internacionales más utilizados se encuentra EDGE, desarrollado por la International Finance Corporation, el cual se orienta a evaluar el ahorro de energía, agua y energía incorporada en materiales en edificaciones (International Finance Corporation, 2024), el cual se orienta a evaluar el ahorro de energía, agua y energía incorporada en materiales en edificaciones. Su enfoque resulta relevante para proyectos inmobiliarios porque permite relacionar la sostenibilidad con indicadores cuantificables y comparables frente a una condición base. En este sentido, EDGE aporta una lógica útil para analizar la reducción de consumos y la conveniencia de incorporar soluciones eficientes en edificaciones residenciales, especialmente en mercados donde se requiere una evaluación práctica y comprensible.

Otro referente importante es Level(s), desarrollado como marco común europeo para evaluar la sostenibilidad de edificios residenciales y de oficinas, considerando indicadores de desempeño ambiental, salud, confort, resiliencia y costos del ciclo de vida (Dodd et al., 2017; European Commission, 2021). Esta herramienta incorpora una visión más amplia del desempeño del edificio, considerando aspectos como emisiones de gases de efecto invernadero, uso eficiente de recursos, salud y confort, adaptación al cambio climático y costos del ciclo de vida. Su aporte para el presente estudio radica en mostrar que la sostenibilidad no debe analizarse únicamente desde el consumo inmediato, sino también desde la relación entre desempeño ambiental, costo y operación durante la vida útil de la edificación.

Estos referentes no se consideran en la investigación como sistemas de certificación a ser aplicados de manera integral, sino como bases conceptuales y metodológicas para orientar

el análisis. El trabajo no busca certificar el proyecto inmobiliario residencial ni reproducir completamente los procedimientos de EDGE, Level(s) u otra herramienta similar. Su utilidad se concentra en aportar criterios de referencia para comprender la importancia de medir consumos, comparar condiciones base y mejoradas, estimar ahorros y valorar la sostenibilidad desde una perspectiva técnica y económica.

En el contexto local, también resultan relevantes los estudios desarrollados sobre eficiencia energética residencial y consumo sustentable de agua en viviendas de Cuenca. Estos antecedentes permiten aproximarse a las condiciones específicas de la ciudad y evidencian que los componentes de agua potable y energía eléctrica han sido objeto de análisis académico y técnico. Su revisión aporta información útil para contextualizar el estudio y sustentar la pertinencia de evaluar soluciones sostenibles aplicables al desarrollo inmobiliario residencial.

Asimismo, la normativa técnica nacional y las tarifas locales de servicios básicos constituyen referentes necesarios para el análisis. Las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, los documentos técnicos relacionados con eficiencia energética y las tarifas de agua potable y energía eléctrica permiten establecer parámetros de evaluación vinculados con el contexto ecuatoriano y cuencano (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, s. f.-a, s. f.-b). Estos elementos son importantes porque la viabilidad técnica y económica de una solución sostenible depende, en parte, de las condiciones normativas, operativas y tarifarias del lugar donde se desarrolla el proyecto.

Los referentes y herramientas de sostenibilidad permiten sustentar el análisis desde una base técnica reconocida, pero adaptada al alcance del estudio. La investigación toma como referencia su lógica de medición, comparación y evaluación de desempeño, sin convertirlos en el objeto central del trabajo. De esta manera, se mantiene un enfoque aplicado, orientado a determinar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles específicas para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial de Cuenca.

2.7 Antecedentes y estado del arte

El estudio de la sostenibilidad en edificaciones residenciales ha evolucionado desde enfoques generales de diseño ambiental hacia análisis más específicos relacionados con eficiencia en el uso de recursos, desempeño operativo, costos de implementación y beneficios para el usuario. En este proceso, la vivienda ha dejado de entenderse únicamente como un producto arquitectónico o inmobiliario, para ser analizada también como una unidad que consume agua, energía y materiales durante su ciclo de vida. Esta perspectiva ha impulsado investigaciones orientadas a evaluar estrategias sostenibles aplicables a edificios residenciales, especialmente en los componentes de agua y energía.

A nivel internacional, herramientas como EDGE y Level(s) han contribuido a consolidar una visión medible de la sostenibilidad en edificaciones. EDGE propone una evaluación basada

en ahorros de energía, agua y energía incorporada en materiales frente a una línea base, mientras que Level(s) amplía el análisis hacia indicadores de desempeño ambiental, salud, confort, resiliencia y costos del ciclo de vida. Estos enfoques demuestran que la sostenibilidad en edificaciones puede ser analizada mediante parámetros verificables, comparaciones entre escenarios y estimaciones de desempeño (International Finance Corporation, 2024; Dodd et al., 2017; European Commission, 2021).

En el contexto de Cuenca, existen antecedentes académicos relevantes relacionados con el consumo energético residencial, la eficiencia energética y el consumo sustentable de agua en viviendas. Baquero Larriva y Quesada Molina (2016) analizaron la eficiencia energética en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, aportando información sobre el comportamiento del consumo energético en viviendas y las posibilidades de reducción mediante medidas de eficiencia. De igual manera, Molina Castro et al. (2018) estudiaron el consumo sustentable de agua en viviendas de Cuenca, identificando criterios y prácticas asociadas al uso eficiente del recurso en el ámbito residencial.

También existen investigaciones locales vinculadas con el diseño de viviendas ambientales de bajo costo en Cuenca, como el estudio desarrollado por Barragán y Ochoa (2014), quienes evidencian la posibilidad de incorporar criterios ambientales en propuestas habitacionales adaptadas al contexto local. Estos trabajos constituyen antecedentes importantes porque muestran que la ciudad cuenta con estudios previos sobre sostenibilidad residencial, eficiencia energética, ahorro de agua y diseño ambiental. Sin embargo, dichos antecedentes se han enfocado principalmente en el análisis del consumo, el diseño arquitectónico sostenible o la evaluación general del desempeño residencial.

A partir de estos antecedentes, se identifica un espacio de investigación relacionado con la aplicación de soluciones sostenibles dentro del desarrollo inmobiliario residencial, no solo desde su beneficio ambiental, sino desde su viabilidad técnica y económica. En este sentido, resulta pertinente analizar cómo determinadas soluciones orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica pueden incorporarse en un proyecto inmobiliario residencial, considerando su costo, facilidad de implementación, ahorro potencial e incidencia en el presupuesto de obra.

El estado del arte evidencia que la sostenibilidad en edificaciones debe avanzar hacia evaluaciones aplicadas que permitan tomar decisiones concretas en proyectos reales. No es suficiente reconocer la importancia del ahorro de agua o energía; es necesario determinar qué soluciones son técnicamente viables, cuánto cuestan, qué ahorro podrían generar y si su implementación resulta conveniente dentro del desarrollo inmobiliario. Bajo esta perspectiva, el presente trabajo se ubica en una línea aplicada que vincula sostenibilidad, eficiencia de recursos y análisis económico, orientada a apoyar la toma de decisiones en proyectos inmobiliarios residenciales de Cuenca.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque aplicado, debido a que busca analizar un problema concreto vinculado con el desarrollo inmobiliario residencial: la incorporación de soluciones sostenibles para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto ubicado en la ciudad de Cuenca. El estudio no se limita a una revisión conceptual de la sostenibilidad, sino que pretende valorar la factibilidad de implementación de alternativas específicas dentro de un proyecto inmobiliario, considerando variables técnicas y económicas.

El enfoque aplicado resulta pertinente porque permite relacionar los fundamentos teóricos de la sostenibilidad en edificaciones con una situación práctica del ámbito inmobiliario. En este caso, el análisis se orienta a determinar qué soluciones sostenibles pueden ser incorporadas de manera viable en un proyecto residencial, tomando en cuenta su compatibilidad técnica, costo de implementación, ahorro potencial e incidencia en el presupuesto de obra. De esta forma, la investigación busca generar información útil para la toma de decisiones en etapas de diseño, especificación y formulación del proyecto.

El tipo de investigación será descriptivo y analítico. Será descriptivo porque permitirá identificar y caracterizar las soluciones sostenibles aplicables al proyecto, así como describir las condiciones base relacionadas con el consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta caracterización incluirá elementos como aparatos sanitarios, griferías, luminarias, equipos eléctricos, cantidades referenciales, costos y parámetros de consumo disponibles.

Será analítico porque el estudio comparará una condición convencional con una condición mejorada, en la cual se incorporarán soluciones sostenibles orientadas a reducir consumos. A partir de esta comparación, se evaluará la viabilidad técnica y económica de las alternativas seleccionadas, considerando aspectos como facilidad de implementación, disponibilidad, compatibilidad con el proyecto, costo adicional, ahorro estimado y relación entre inversión y beneficio.

La investigación también tendrá un enfoque cuantitativo de apoyo, debido a que utilizará estimaciones de costos, consumos, porcentajes de ahorro, variaciones presupuestarias y posibles periodos de recuperación de inversión. No obstante, estos datos serán complementados con una valoración cualitativa de la aplicabilidad técnica de las soluciones, con el fin de obtener una lectura integral que no dependa únicamente del costo, sino también de la pertinencia constructiva y operativa de cada alternativa.

El enfoque y tipo de investigación permitirán desarrollar un análisis aplicado, ordenado y coherente con el objetivo del trabajo, vinculando la sostenibilidad con criterios de viabilidad técnica y económica dentro del desarrollo inmobiliario residencial.

3.2 Diseño metodológico

El diseño metodológico de la investigación será no experimental y de corte transversal. Será no experimental porque no se manipularán variables en condiciones controladas ni se realizará una intervención física sobre el proyecto inmobiliario residencial. El análisis se desarrollará a partir de información técnica, presupuestaria, documental y referencial disponible, con el propósito de evaluar la viabilidad de incorporar soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica.

El estudio será de corte transversal, debido a que la información será recopilada y analizada en un periodo determinado, correspondiente al desarrollo del trabajo de titulación. No se realizará un seguimiento posterior al uso real de la vivienda ni una medición longitudinal de consumos después de la ocupación. En su lugar, se trabajará con una comparación estimada entre una condición base y una condición mejorada, utilizando datos técnicos y económicos disponibles.

El diseño metodológico se organizará en cinco fases. La primera fase corresponderá a la revisión bibliográfica, técnica y normativa, mediante la cual se recopilará información sobre sostenibilidad en edificaciones residenciales, eficiencia en el uso de agua potable, eficiencia energética, herramientas de referencia y antecedentes relacionados con el contexto local.

La segunda fase consistirá en la selección y caracterización del proyecto inmobiliario residencial que será objeto de análisis. En esta etapa se identificarán sus características generales, condiciones arquitectónicas relevantes, número de unidades, áreas principales y especificaciones relacionadas con instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.

La tercera fase comprenderá la identificación de soluciones sostenibles aplicables al proyecto. Estas soluciones estarán orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica, y serán seleccionadas de acuerdo con su disponibilidad, compatibilidad técnica, facilidad de implementación y posibilidad de estimar costos y ahorros.

La cuarta fase corresponderá a la definición de la condición base y la condición mejorada. La condición base representará las soluciones convencionales consideradas en el proyecto, mientras que la condición mejorada incorporará las alternativas sostenibles seleccionadas. Esta comparación permitirá establecer diferencias de costo, consumo estimado y ahorro potencial.

La quinta fase consistirá en el análisis de viabilidad técnica y económica. En esta etapa se evaluará la aplicabilidad de cada solución, su costo de implementación, su incidencia presupuestaria, su ahorro estimado y su conveniencia dentro del proyecto inmobiliario residencial. Con ello, se determinarán las soluciones que presentan mejores condiciones de implementación y mayor pertinencia para el desarrollo inmobiliario sostenible.

Figura 1. Esquema metodológico del análisis técnico y económico

Fuente: *Elaboración propia con base en el diseño metodológico de la investigación.*

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información

La recolección de información se realizará mediante técnicas documentales, técnicas de levantamiento técnico del proyecto y recopilación de información presupuestaria referencial. Estas técnicas permitirán obtener los datos necesarios para identificar soluciones sostenibles aplicables, caracterizar la condición base del proyecto y desarrollar el análisis comparativo de viabilidad técnica y económica.

La primera técnica será la revisión documental, bibliográfica y normativa. Esta permitirá recopilar información relacionada con sostenibilidad en edificaciones residenciales, eficiencia en el consumo de agua potable, eficiencia energética, herramientas de referencia como EDGE y Level(s), normativa técnica aplicable y antecedentes académicos desarrollados en el contexto de Cuenca (International Finance Corporation, 2024; Dodd et al., 2017; European Commission, 2021). Esta revisión servirá para sustentar la selección de soluciones sostenibles y definir criterios de análisis técnico y económico.

La segunda técnica será el levantamiento de información del proyecto inmobiliario residencial. Para ello, se recopilarán datos generales del proyecto, tales como ubicación, número de unidades residenciales, áreas principales, características arquitectónicas relevantes y especificaciones relacionadas con instalaciones hidrosanitarias y eléctricas. Esta información permitirá establecer la condición base del proyecto y determinar qué soluciones sostenibles pueden ser analizadas de manera pertinente.

La tercera técnica será la recopilación de información técnica y presupuestaria. Se considerarán fichas técnicas, catálogos de productos, precios referenciales, cotizaciones,

análisis de precios unitarios, tarifas de agua potable y energía eléctrica, y otros documentos que permitan estimar costos de implementación y posibles ahorros. Esta información será fundamental para comparar soluciones convencionales frente a soluciones sostenibles.

Como instrumentos de recolección y organización de información se utilizarán matrices de registro, fichas comparativas y tablas de análisis. Las matrices permitirán ordenar las soluciones sostenibles identificadas, sus características técnicas, costos, ventajas, limitaciones y condiciones de aplicación. Las fichas comparativas permitirán contrastar la condición base con la condición mejorada. Las tablas de análisis permitirán estimar costos, ahorros, variación presupuestaria e incidencia económica de las soluciones seleccionadas.

La información recopilada será tratada de manera ordenada y verificable, evitando la incorporación de datos sin respaldo técnico o presupuestario. En los casos en que se utilicen valores referenciales, estos deberán provenir de fuentes identificables, tales como documentos técnicos, tarifas vigentes, proveedores, bases de costos o presupuestos disponibles. De esta manera, el análisis mantendrá coherencia entre la información levantada, los objetivos de la investigación y los resultados esperados.

Adicionalmente, se utilizará información secundaria proveniente del SIGEO-Cuenca (Sistema Interinstitucional de Información Geoespacial del cantón Cuenca), correspondiente a registros de construcción de edificaciones en la ciudad. Esta información permitirá realizar una lectura preliminar del universo de edificaciones registradas, considerando variables como uso de la edificación, número de plantas, tipo de intervención, área de construcción y ubicación. El uso de esta base no tendrá como finalidad sustituir la información técnica específica del proyecto seleccionado, sino aportar un contexto inicial que permita identificar tipologías edificatorias predominantes y orientar de manera más objetiva la posterior selección del caso de estudio.

3.4 Selección del proyecto inmobiliario residencial de análisis

La selección del proyecto inmobiliario residencial de análisis constituye una etapa fundamental de la metodología, debido a que sobre este se aplicará la evaluación de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica. El proyecto seleccionado deberá ubicarse en la ciudad de Cuenca, Ecuador, y corresponder a una edificación residencial que permita obtener información suficiente para realizar una comparación entre una condición base y una condición mejorada.

Con el fin de evitar una selección arbitraria del caso de estudio, se aplicará una matriz comparativa entre posibles proyectos inmobiliarios residenciales. Esta matriz permitirá valorar cada alternativa a partir de criterios técnicos, funcionales y de disponibilidad de información. La selección no buscará representar la totalidad de proyectos residenciales de Cuenca, sino identificar un caso pertinente y técnicamente viable para el análisis propuesto.

Como paso previo a la aplicación de la matriz de selección del caso de estudio, se realizará un análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en Cuenca, utilizando la

información disponible en la base SIGEO-Cuenca. Este análisis permitirá reconocer qué tipos de edificaciones se presentan con mayor frecuencia en la ciudad y cuáles tienen mayor pertinencia para un estudio orientado al consumo de agua potable y energía eléctrica.

El análisis preliminar no tiene como finalidad seleccionar directamente el proyecto objeto de estudio, sino establecer un contexto técnico que permita comprender la composición general de las edificaciones registradas. Para ello, se considerarán variables disponibles en la base, tales como uso de la edificación, número de plantas, tipo de intervención, área de construcción y ubicación. A partir de estas variables se podrá identificar la incidencia de edificaciones residenciales, edificaciones vivienda-comercio, edificaciones de baja, mediana y mayor altura, así como aquellas tipologías con mayor potencial para aplicar un análisis de soluciones sostenibles.

La matriz de análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en Cuenca se plantea de la siguiente manera:

Aspecto de análisis	Variable utilizada de la base SIGEO-Cuenca	Criterio de lectura	Resultado esperado	Utilidad para el estudio
Usos predominantes	Uso de la edificación	Clasificación de registros según vivienda, vivienda-comercio, comercio u otros usos	Identificar qué usos se repiten con mayor frecuencia	Permite contextualizar el tipo de construcción predominante en Cuenca
Edificaciones residenciales	Uso: vivienda	Conteo de registros con uso exclusivamente residencial	Determinar cuántas edificaciones corresponden a vivienda	Permite reconocer la presencia del uso residencial dentro del universo analizado
Edificaciones vivienda-comercio	Uso: vivienda-comercio	Conteo de registros con uso mixto residencial y comercial	Determinar cuántas edificaciones combinan vivienda y comercio	Permite identificar proyectos con mayor complejidad funcional y operativa
Número de plantas	Número de plantas	Agrupación por baja altura, mediana altura y mayor altura	Identificar la altura más común de las edificaciones registradas	Permite diferenciar viviendas simples de edificaciones con mayor potencial de análisis
Tipologías más comunes	Uso y número de plantas	Combinación entre uso y altura de la edificación	Construir tipologías preliminares de edificación	Permite identificar qué modelo edificatorio se repite con mayor incidencia
Potencial para análisis de agua y energía	Uso, número de plantas y área de construcción	Priorización de edificaciones residenciales o mixtas con mayor escala	Identificar tipologías con mejores condiciones para analizar consumos	Permite orientar la posterior selección del caso de estudio hacia una edificación técnicamente pertinente

Para efectos del análisis, las tipologías preliminares se clasificarán en vivienda residencial de baja altura, vivienda residencial de mediana altura, vivienda residencial de mayor altura, vivienda-comercio de baja altura, vivienda-comercio de mediana altura, vivienda-comercio de mayor altura, edificación comercial y otras edificaciones. Esta clasificación permitirá reconocer la incidencia de cada tipo de construcción y justificar, posteriormente, la elección de una tipología edificatoria adecuada para el análisis de soluciones sostenibles.

Los criterios considerados para la selección del caso de estudio serán: ubicación dentro de la ciudad de Cuenca, uso residencial, número de unidades habitacionales, número de pisos, disponibilidad de información arquitectónica, disponibilidad de información hidrosanitaria, disponibilidad de información eléctrica, existencia de presupuesto o costos referenciales, y potencial de aplicación de soluciones sostenibles. Estos criterios permitirán justificar por qué un proyecto presenta mejores condiciones para el desarrollo del análisis frente a otras alternativas posibles.

La matriz de selección se estructurará con una escala de valoración de 1 a 5, donde 1 representa bajo cumplimiento del criterio y 5 representa alto cumplimiento. Cada criterio podrá tener una ponderación según su importancia metodológica. Se dará mayor relevancia a la disponibilidad de información técnica y presupuestaria, debido a que el análisis de viabilidad requiere datos verificables para estimar costos, consumos, ahorros e incidencia económica. También se considerará la pertinencia del proyecto para analizar consumos de agua potable y energía eléctrica, especialmente cuando cuente con varias unidades residenciales, áreas comunes o sistemas que permitan identificar puntos relevantes de consumo.

La matriz de selección del caso de estudio se plantea de la siguiente manera:

Criterio de selección	Descripción del criterio	Relevancia (%)	Proyecto (A)	Proyecto (B)	Proyecto (C)	Fuente de verificación
Ubicación en Cuenca	El proyecto debe ubicarse dentro del área urbana o de expansión residencial de Cuenca.	10%				Dirección, ficha del proyecto, planos
Uso residencial	El proyecto debe corresponder a vivienda multifamiliar, edificio residencial o conjunto residencial.	15%				Memoria arquitectónica, planos
Número de unidades habitacionales	Se priorizan proyectos con varias unidades, porque permiten analizar consumos repetitivos de agua y energía.	10%				Cuadro de áreas, planos

Número de pisos	Se priorizan edificios con varios niveles, porque pueden incorporar áreas comunes, circulación, iluminación comunal y sistemas de bombeo.	10%				Planos arquitectónicos
Disponibilidad de información arquitectónica	Existencia de planos, áreas, distribución y número de unidades.	15%				Planos, cuadro de áreas
Disponibilidad de información hidrosanitaria	Existencia de datos sobre baños, cocinas, lavanderías, puntos de agua, cisterna o bombeo.	10%				Planos hidrosanitarios, memoria técnica
Disponibilidad de información eléctrica	Existencia de datos sobre luminarias, áreas comunes, equipos, medidores o sistemas eléctricos.	10%				Planos eléctricos, memoria técnica
Disponibilidad de presupuesto o costos referenciales	Existencia de presupuesto, APU's, cotizaciones o valores referenciales de obra.	10%				Presupuesto, cotizaciones
Potencial de aplicación de soluciones sostenibles	El proyecto permite comparar condición base y condición mejorada en agua potable y energía eléctrica.	10%				Revisión técnica del proyecto
Puntaje total		100%				

Una vez desarrollada la matriz se establecerá una escala de valoración siendo la siguiente:

Puntaje	Nivel de cumplimiento	Criterio de interpretación
1	Bajo cumplimiento	El proyecto cumple mínimamente con el criterio evaluado o no cuenta con información suficiente para verificarlo.
2	Cumplimiento limitado	El proyecto cumple parcialmente con el criterio, pero presenta limitaciones importantes de información, aplicabilidad o pertinencia.
3	Cumplimiento medio	El proyecto cumple de manera aceptable con el criterio, aunque requiere

		información complementaria o presenta condiciones intermedias para el análisis.
4	Buen cumplimiento	El proyecto cumple adecuadamente con el criterio y dispone de información suficiente para sustentar el análisis.
5	Alto cumplimiento	El proyecto cumple plenamente con el criterio, cuenta con información verificable y presenta condiciones favorables para el desarrollo del estudio.

La calificación asignada a cada criterio deberá sustentarse en información verificable, como planos, memorias técnicas, presupuestos, fichas del proyecto, cotizaciones o datos proporcionados por el promotor o proyectista. Posteriormente, cada calificación se multiplicará por el peso porcentual correspondiente, obteniendo un puntaje ponderado. El proyecto con mayor puntaje total será seleccionado como caso de estudio, siempre que disponga de información suficiente para desarrollar el análisis técnico y económico sin recurrir a datos no comprobables. Una vez seleccionado, se procederá a su caracterización general, incluyendo ubicación, tipo de proyecto residencial, número de unidades, número de pisos, áreas principales, condiciones constructivas relevantes y especificaciones relacionadas con el consumo de agua potable y energía eléctrica.

3.5 Identificación de soluciones sostenibles aplicables

La identificación de soluciones sostenibles aplicables se realizará a partir de la revisión bibliográfica, técnica y normativa, así como del análisis de las características del proyecto inmobiliario residencial seleccionado. Esta etapa tiene como finalidad reconocer alternativas que puedan contribuir a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica, manteniendo coherencia con las condiciones técnicas, constructivas y económicas del proyecto.

Para que la selección de soluciones sostenibles no responda a una decisión arbitraria, primero se identificarán los principales puntos, espacios y sistemas de consumo dentro del edificio residencial. Este procedimiento permitirá determinar dónde se concentra el uso de agua potable y energía eléctrica, y qué elementos del proyecto presentan mayor potencial de mejora. El análisis no se limitará únicamente al consumo interno de las unidades habitacionales, sino que también considerará áreas comunales y sistemas generales del edificio, debido a que estos espacios pueden generar consumos relevantes durante la operación del inmueble.

En el componente de agua potable, se considerarán los consumos generados en unidades habitacionales privadas, tales como baños, duchas, lavamanos, cocinas y lavanderías. De igual manera, se analizarán los consumos asociados a áreas comunales y exteriores, como lavado de patios, lavado de parqueaderos, limpieza de circulaciones, riego de vegetación,

áreas verdes, puntos de agua exteriores, cisterna, bombas o sistemas hidroneumáticos, según corresponda al proyecto seleccionado. Esta diferenciación permitirá evaluar si las soluciones sostenibles deben enfocarse únicamente en los departamentos o también en los espacios de uso común del edificio.

En el componente de energía eléctrica, se analizarán consumos asociados a las unidades habitacionales, áreas comunales y sistemas generales. En las unidades privadas se considerarán principalmente luminarias y equipos eléctricos previstos. En áreas comunales se revisará la iluminación de pasillos, escaleras, lobby, parqueaderos, accesos, patios o zonas compartidas. En los sistemas generales se podrán considerar bombas, sistemas hidroneumáticos, ascensores, portones eléctricos u otros equipos que formen parte del funcionamiento del edificio.

Para organizar esta información se utilizará una matriz de identificación de puntos de mayor consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta matriz permitirá diferenciar los consumos según el tipo de espacio o sistema: unidad habitacional privada, área comunal o sistema general del edificio. Además, relacionará cada componente con el elemento asociado, cantidad, frecuencia de uso estimada, consumo unitario referencial, consumo total estimado y nivel de consumo. La información incorporada en la matriz deberá sustentarse en fuentes verificables, tales como planos, memorias técnicas, fichas de productos, parámetros bibliográficos, tarifas vigentes, información de proveedores o datos proporcionados por el promotor, proyectista o administración del edificio.

La matriz para la identificación de puntos de mayor consumo de agua potable y energía eléctrica se plantea de la siguiente manera:

Componente	Tipo de espacio o sistema	Espacio, sistema o punto de consumo	Elemento asociado	Cantidad	Frecuencia de uso estimada	Consumo unitario referencial	Consumo total estimado	Nivel de consumo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños	Inodoros					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños	Lavamanos					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños	Duchas					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Cocinas	Fregaderos					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Lavanderías	Llaves o lavadoras					Alto / Medio / Bajo

Agua potable	Área comunal	Parqueaderos	Lavado de parqueaderos					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Área comunal	Patios y circulaciones	Lavado de patios y áreas comunes					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Área comunal	Áreas verdes	Riego de vegetación					Alto / Medio / Bajo
Agua potable	Sistema general	Cisterna o abastecimiento	Puntos generales de agua					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Unidad habitacional privada	Departamentos	Iluminación interior					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Unidad habitacional privada	Departamentos	Equipos eléctricos previstos					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Área comunal	Pasillos y escaleras	Iluminación comunal					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Área comunal	Lobby y accesos	Iluminación de acceso					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Área comunal	Parqueaderos	Iluminación de parqueaderos					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Sistema general	Sistema de agua	Bomba o sistema hidroneumático					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Sistema general	Circulación vertical	Ascensor, si aplica					Alto / Medio / Bajo
Energía eléctrica	Sistema general	Accesos vehiculares	Portón eléctrico					Alto / Medio / Bajo

En la columna referente al nivel de consumo se establecerá una escala de valoración, siendo la siguiente:

Nivel	Criterio de interpretación	Aplicación en el análisis
Alto	El punto, espacio o sistema concentra un consumo relevante dentro del edificio o	Debe priorizarse para la selección de

	presenta alta frecuencia de uso.	soluciones sostenibles.
Medio	El punto, espacio o sistema presenta consumo moderado o frecuencia de uso intermedia.	Puede analizarse si existe información suficiente o si tiene mejora técnica sencilla.
Bajo	El punto, espacio o sistema presenta bajo consumo relativo o uso esporádico.	Se analiza solo si tiene bajo costo, alta facilidad de implementación o valor complementario.

La calificación del nivel de consumo se realizará de forma comparativa dentro del propio proyecto, clasificando cada punto como alto, medio o bajo según su consumo total estimado y su incidencia en el funcionamiento residencial. Para ello, se utilizarán datos provenientes de planos, memorias técnicas, fichas de productos, parámetros bibliográficos, tarifas vigentes, información de proveedores, criterios de operación o datos proporcionados por la administración, promotor o proyectista del edificio.

Las soluciones sostenibles serán seleccionadas únicamente cuando exista relación directa con los puntos de mayor consumo identificados y cuando sea posible estimar sus costos y ahorros con información verificable. No se incluirán soluciones que, aunque puedan ser ambientalmente favorables, requieran intervenciones complejas, datos no disponibles o modificaciones que excedan el alcance del estudio.

Como resultado de esta etapa, se obtendrá un listado delimitado de soluciones sostenibles aplicables al proyecto inmobiliario residencial, organizado según el componente al que pertenecen: agua potable o energía eléctrica, y según su ubicación dentro del edificio: unidad habitacional privada, área comunal o sistema general. Este listado servirá como base para definir la condición mejorada y desarrollar posteriormente la comparación con la condición base del proyecto.

3.6 Definición de la condición base y condición mejorada

La investigación establecerá dos escenarios de análisis: una condición base y una condición mejorada. Esta comparación permitirá evaluar la diferencia técnica y económica entre las soluciones convencionales previstas o referenciales del proyecto inmobiliario residencial y las soluciones sostenibles seleccionadas para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica.

La condición base corresponderá al escenario convencional del proyecto. En este escenario se considerarán las especificaciones habituales o inicialmente previstas para los componentes relacionados con agua potable y energía eléctrica. En el caso del agua potable, podrán incluirse aparatos sanitarios, griferías, duchas y accesorios hidrosanitarios

convencionales. En el caso de energía eléctrica, podrán considerarse luminarias, equipos o sistemas eléctricos comunes utilizados en proyectos residenciales similares. Esta condición servirá como punto de partida para estimar consumos, costos y características técnicas iniciales.

La condición mejorada corresponderá al escenario en el cual se incorporan soluciones sostenibles seleccionadas para optimizar el uso de agua potable y energía eléctrica. En este escenario se reemplazarán o complementarán determinadas soluciones convencionales por alternativas de menor consumo, como aparatos sanitarios eficientes, griferías ahorradoras, iluminación LED, equipos eléctricos eficientes u otras alternativas aplicables al proyecto. La selección dependerá de la compatibilidad técnica, disponibilidad de información, costos referenciales y posibilidad de estimar ahorro potencial.

La comparación entre ambas condiciones permitirá identificar las variaciones generadas por la incorporación de soluciones sostenibles. Estas variaciones podrán expresarse en términos de costo de implementación, incremento o reducción presupuestaria, ahorro estimado de agua potable, ahorro estimado de energía eléctrica y posible periodo de recuperación de la inversión, cuando la información disponible lo permita.

Esta definición de escenarios no busca simular con exactitud el comportamiento real posterior de los usuarios, sino establecer una base comparativa razonable para evaluar la conveniencia técnica y económica de las soluciones seleccionadas. Por ello, los consumos, costos y ahorros serán estimados a partir de información técnica, tarifas vigentes, catálogos, presupuestos, referencias bibliográficas o datos disponibles del proyecto.

La condición base y la condición mejorada permitirán estructurar el análisis de manera ordenada, verificable y coherente con los objetivos de la investigación. De esta forma, la sostenibilidad podrá ser evaluada a partir de una comparación concreta entre alternativas convencionales y alternativas sostenibles, facilitando la identificación de aquellas soluciones que presenten mejores condiciones de viabilidad dentro del proyecto inmobiliario residencial analizado.

3.7 Criterios de análisis técnico y económico

El análisis de las soluciones sostenibles seleccionadas se realizará a partir de criterios técnicos y económicos que permitan valorar su pertinencia dentro del proyecto inmobiliario residencial. Estos criterios servirán para comparar la condición base con la condición mejorada, identificar ventajas y limitaciones de cada alternativa, y determinar cuáles presentan mejores condiciones de viabilidad para su implementación.

Los criterios de análisis se aplicarán únicamente a las soluciones sostenibles que guarden relación directa con los puntos de mayor consumo de agua potable y energía eléctrica identificados en la matriz correspondiente. De esta manera, la evaluación no se realizará sobre un listado general de alternativas sostenibles, sino sobre soluciones vinculadas con

necesidades reales del proyecto, diferenciando su aplicación en unidades habitacionales privadas, áreas comunales y sistemas generales del edificio.

Desde el punto de vista técnico, se considerarán criterios relacionados con la posibilidad real de implementar cada solución dentro del proyecto. Entre ellos se incluirán la compatibilidad con el diseño arquitectónico, la compatibilidad con las instalaciones hidrosanitarias o eléctricas previstas, la facilidad de instalación, la disponibilidad de productos o equipos en el mercado local, los requerimientos de mantenimiento, la durabilidad esperada y la necesidad o no de modificar elementos existentes del proyecto.

Para el componente de agua potable, los criterios técnicos permitirán evaluar si las soluciones seleccionadas pueden incorporarse en baños, cocinas, lavanderías, puntos de agua exteriores, áreas verdes, parqueaderos, patios o sistemas generales de abastecimiento. En este componente se considerará si la solución puede reducir el consumo sin afectar la funcionalidad, la presión de servicio, el mantenimiento o el uso cotidiano de los espacios.

Para el componente de energía eléctrica, los criterios técnicos permitirán valorar si las soluciones pueden integrarse al sistema eléctrico del proyecto, considerando luminarias interiores, iluminación de áreas comunes, parqueaderos, bombas, sistemas hidroneumáticos, ascensores, portones eléctricos u otros equipos identificados. Se analizará si la solución puede incorporarse sin generar complejidad excesiva, sin comprometer la seguridad y sin requerir modificaciones desproporcionadas frente al alcance del estudio.

Desde el punto de vista económico, se analizarán criterios relacionados con el costo de implementación, la diferencia de costo frente a la solución convencional, la incidencia presupuestaria, el ahorro potencial y la relación entre inversión y beneficio. El costo de implementación permitirá determinar el valor necesario para incorporar cada solución sostenible. La diferencia de costo permitirá comparar la condición base con la condición mejorada. La incidencia presupuestaria permitirá conocer el peso de cada solución dentro del presupuesto general del proyecto o dentro del rubro específico al que pertenece.

El ahorro potencial será estimado a partir de la reducción prevista en el consumo de agua potable o energía eléctrica, utilizando datos técnicos, fichas de productos, parámetros referenciales, tarifas vigentes y fuentes verificables. Cuando la información disponible lo permita, se calculará el periodo simple de recuperación de la inversión, entendido como el tiempo estimado en que el ahorro generado compensa el costo adicional de implementar la solución sostenible.

Para organizar el análisis se utilizará una matriz de evaluación de viabilidad técnica y económica, en la cual cada solución seleccionada será valorada de acuerdo con los criterios definidos. Esta matriz permitirá comparar alternativas de forma ordenada y establecer una clasificación final de viabilidad alta, media o baja.

Solución sostenible	Componente	Punto de consumo asociado	Tipo de espacio o sistema	Viabilidad técnica	Costo de implementación	Costo adicional frente a condición base	Ahorro potencial	Incidencia presupuestaria	Periodo simple de recuperación	Fuente del Dato	Viabilidad final
	Agua potable / Energía eléctrica		Unidad privada / Área comunal / Sistema general	Alta / Media / Baja							Alta / Media / Baja

La viabilidad final de cada solución se determinará a partir de la lectura conjunta de los criterios técnicos y económicos. Una solución será considerada de alta viabilidad cuando sea compatible con el proyecto, fácil de implementar, disponible en el mercado, con costo razonable, baja incidencia presupuestaria y ahorro potencial significativo. Será considerada de viabilidad media cuando presente beneficios, pero también limitaciones técnicas o económicas que deban ser evaluadas. Será considerada de baja viabilidad cuando su implementación resulte compleja, costosa, poco compatible con el proyecto o con bajo potencial de ahorro.

Los criterios de análisis no tendrán como finalidad crear un sistema de certificación ni una matriz general de sostenibilidad, sino organizar la evaluación aplicada de las soluciones seleccionadas. De esta manera, el estudio podrá determinar la viabilidad técnica y económica de cada alternativa con base en información verificable, evitando conclusiones sustentadas únicamente en percepciones generales sobre sostenibilidad.

3.8 Procesamiento y análisis comparativo de la información

El procesamiento y análisis comparativo de la información se desarrollará de acuerdo con la secuencia metodológica definida en la investigación. En este sentido, el análisis integrará el enfoque aplicado, descriptivo y analítico del estudio; el diseño no experimental y transversal; las técnicas de recolección documental, técnica y presupuestaria; la selección del proyecto inmobiliario residencial; la identificación de puntos de mayor consumo; la definición de una condición base y una condición mejorada; y los criterios de análisis técnico y económico establecidos para valorar las soluciones sostenibles.

En primer lugar, se procesará la información correspondiente al universo de edificaciones registradas en Cuenca, a partir de la base SIGEO-Cuenca. Para ello, se clasificarán los registros según uso de la edificación, número de plantas, tipo de intervención, área de construcción y ubicación. Esta clasificación permitirá identificar los usos predominantes, la cantidad de edificaciones residenciales y vivienda-comercio, las alturas más frecuentes, las tipologías edificatorias más comunes y aquellas con mayor potencial para un análisis de consumo de agua potable y energía eléctrica.

Posteriormente, con base en esta lectura preliminar, se aplicará la matriz de selección del caso de estudio. En esta matriz se valorarán criterios como ubicación, uso residencial, número

de unidades habitacionales, número de pisos, disponibilidad de información arquitectónica, hidrosanitaria, eléctrica, presupuestaria y potencial de aplicación de soluciones sostenibles. Cada criterio será calificado mediante una escala de valoración de 1 a 5 y ponderado según su importancia metodológica. El proyecto con mayor puntaje total y con información suficiente será seleccionado como caso de estudio.

En segundo lugar, una vez definido el proyecto, se organizará la información técnica del edificio, diferenciando unidades habitacionales privadas, áreas comunales y sistemas generales. Esta clasificación permitirá identificar los espacios, puntos o sistemas donde se produce consumo de agua potable y energía eléctrica, tales como baños, cocinas, lavanderías, duchas, patios, parqueaderos, áreas verdes, iluminación interior, iluminación comunal, bombas, sistemas hidroneumáticos, ascensores o equipos eléctricos, según corresponda al proyecto analizado.

En tercer lugar, se aplicará la matriz de identificación de puntos de mayor consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta matriz permitirá relacionar cada componente con su tipo de espacio o sistema, elemento asociado, cantidad, frecuencia de uso estimada, consumo unitario referencial, consumo total estimado y nivel de consumo. A partir de esta matriz se determinarán los puntos de consumo con mayor incidencia dentro del edificio, clasificándolos como altos, medios o bajos de acuerdo con su consumo total estimado y su relevancia operativa. La información utilizada deberá sustentarse en fuentes verificables, tales como planos, memorias técnicas, fichas de productos, parámetros bibliográficos, tarifas vigentes, proveedores o datos proporcionados por el promotor, proyectista o administración del edificio.

En cuarto lugar, con base en los puntos de mayor consumo identificados, se seleccionarán las soluciones sostenibles que serán incorporadas en la condición mejorada. Estas soluciones deberán guardar relación directa con los consumos detectados y contar con información verificable para estimar costos, ahorros y condiciones de implementación. De esta manera, la selección de alternativas no responderá a una decisión general o subjetiva, sino a una necesidad concreta del proyecto inmobiliario residencial analizado.

En quinto lugar, se construirá la comparación entre la condición base y la condición mejorada. La condición base corresponderá a las soluciones convencionales o referenciales del proyecto, mientras que la condición mejorada incorporará las soluciones sostenibles seleccionadas. Para cada alternativa se organizarán datos de cantidad, costo unitario, costo total, consumo estimado, ahorro potencial y diferencia económica frente a la solución convencional.

En sexto lugar, se aplicará la matriz de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles. En esta matriz se evaluará cada solución considerando su componente, punto de consumo asociado, tipo de espacio o sistema, viabilidad técnica, costo de implementación, costo adicional frente a la condición base, ahorro potencial, incidencia presupuestaria, periodo

simple de recuperación de la inversión y viabilidad final. Esta evaluación permitirá establecer si cada solución presenta una viabilidad alta, media o baja dentro del proyecto.

El análisis cuantitativo se realizará mediante tablas de costos, estimaciones de consumo, porcentajes de ahorro, variaciones presupuestarias, costos incrementales e indicadores simples de recuperación de inversión, siempre que la información disponible lo permita. De forma complementaria, se realizará un análisis cualitativo de la aplicabilidad técnica, considerando compatibilidad con el proyecto, facilidad de implementación, disponibilidad en el mercado, mantenimiento, durabilidad y necesidad de modificaciones.

Los resultados serán presentados mediante matrices, tablas comparativas y descripciones analíticas que permitan interpretar la conveniencia de cada solución sostenible. Finalmente, el procesamiento de la información permitirá determinar cuáles alternativas ofrecen mejor equilibrio entre aplicabilidad técnica, costo de implementación, ahorro potencial e incidencia económica, contribuyendo a la toma de decisiones en el desarrollo inmobiliario residencial sostenible.

CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y SOLUCIONES SOSTENIBLES

4.1 Análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en Cuenca

Previo a la selección del caso de estudio, se realizó un análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en la ciudad de Cuenca, utilizando como fuente de información la base de registros de construcción del SIGEO-Cuenca. Este análisis permitió contar con una lectura general del comportamiento constructivo registrado en la ciudad, considerando variables como uso de la edificación, número de plantas, tipo de intervención, área de construcción y ubicación.

El propósito de este análisis no fue seleccionar directamente el proyecto objeto de estudio, sino identificar las tipologías edificatorias con mayor presencia dentro de la base analizada y reconocer aquellas que presentan mejores condiciones para desarrollar un estudio de consumo de agua potable y energía eléctrica. De esta manera, la selección posterior del caso de análisis se sustenta en una lectura previa del universo disponible y no únicamente en una decisión aislada sobre un proyecto específico.

Para el análisis preliminar se clasificaron los registros según el uso declarado de la edificación y el número de plantas. A partir de esta clasificación se agruparon las edificaciones en tipologías preliminares, diferenciando viviendas residenciales, edificaciones vivienda-comercio, edificaciones comerciales y otras edificaciones. Asimismo, se distinguieron rangos de altura, considerando edificaciones de baja altura, mediana altura y mayor altura.

Tabla 1. *Tipologías preliminares de edificaciones registradas en Cuenca*

Tipología preliminar	Número de registros	Incidencia aproximada
Vivienda residencial baja, 1 a 3 pisos	765	64,70%
Vivienda-comercio baja, 1 a 3 pisos	206	17,40%
Comercial	72	6,10%
Otras edificaciones	46	3,90%
Vivienda-comercio media, 4 a 5 pisos	41	3,50%
Vivienda-comercio alta, 6 pisos o más	28	2,40%
Residencial media, 4 a 5 pisos	17	1,40%
Residencial alta, 6 pisos o más	7	0,60%

Fuente: *Elaboración propia con base en registros de construcción del SIGEO-Cuenca*

A partir de la información procesada, se evidencia que la tipología con mayor presencia corresponde a la vivienda residencial de baja altura, entre 1 y 3 pisos, con 765 registros, equivalente aproximadamente al 64,7% del universo analizado. En segundo lugar, se ubican las edificaciones vivienda-comercio de baja altura, con 206 registros, que representan aproximadamente el 17,4%. Estos dos grupos concentran la mayor parte de las edificaciones registradas, lo que permite reconocer que la construcción de baja altura tiene una presencia predominante dentro de la base analizada.

Sin embargo, para efectos de esta investigación, la mayor frecuencia de una tipología no implica necesariamente su mayor pertinencia como caso de estudio. El análisis técnico-económico propuesto requiere una edificación que permita observar unidades habitacionales repetitivas, áreas comunes, sistemas generales, posibles consumos compartidos, iluminación comunal y condiciones donde puedan compararse una condición base y una condición mejorada.

En este sentido, las edificaciones residenciales o vivienda-comercio de mediana y mayor altura presentan mayor potencial para el análisis de consumo de agua potable y energía eléctrica, debido a que pueden incorporar una mayor diversidad de espacios, sistemas y puntos de consumo. Estas tipologías permiten analizar no solo el consumo interno de las unidades habitacionales, sino también el consumo asociado a áreas comunales y sistemas generales del edificio.

Por tanto, el análisis preliminar cumple una doble función. Por un lado, permite contextualizar el comportamiento general de la construcción registrada en Cuenca. Por otro lado, permite orientar la selección del caso de estudio hacia una tipología edificatoria con mayor potencial para analizar consumos de agua potable y energía eléctrica, en coherencia con los objetivos y la metodología de la investigación.

4.2 Identificación de tipologías edificatorias con potencial de análisis

A partir del análisis preliminar del universo de edificaciones registradas en Cuenca, se identificaron distintas tipologías edificatorias según el uso declarado y el número de plantas. Si bien la vivienda residencial de baja altura constituye la tipología con mayor presencia dentro de la base analizada, esta condición no implica necesariamente que sea la más adecuada para el desarrollo del presente estudio.

Esta investigación tiene como finalidad analizar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial. Por ello, la tipología seleccionada debe permitir observar con claridad distintos puntos de consumo, tanto en unidades habitacionales privadas como en áreas comunales y sistemas generales del edificio. Desde esta perspectiva, las edificaciones de mayor escala ofrecen mejores condiciones para el análisis, debido a que concentran una mayor diversidad de espacios, usos y sistemas técnicos.

Las viviendas residenciales de baja altura permiten analizar consumos domésticos básicos, como baños, cocinas, lavanderías e iluminación interior. Sin embargo, su alcance resulta más limitado para evaluar sistemas compartidos o consumos comunes del edificio. En cambio, las edificaciones residenciales o vivienda-comercio de mediana y mayor altura pueden incorporar áreas comunales, circulaciones verticales, iluminación de pasillos y escaleras, parqueaderos, sistemas de bombeo, cisternas, equipos hidroneumáticos, ascensores, portones eléctricos u otros elementos que amplían el campo de análisis de agua potable y energía eléctrica.

En este sentido, las tipologías de vivienda-comercio de mediana altura, vivienda-comercio de mayor altura, residencial de mediana altura y residencial de mayor altura presentan mayor potencial para el estudio, aun cuando su incidencia dentro del universo analizado sea menor que la vivienda residencial baja. Su pertinencia no se define por la frecuencia con la que aparecen en la base, sino por su capacidad para permitir una comparación más completa entre una condición base y una condición mejorada.

Para orientar la selección del caso de estudio, se considera que las tipologías con mayor potencial son aquellas que cumplen con las siguientes condiciones: uso residencial o mixto con predominio residencial, mayor número de plantas, posibilidad de identificar unidades habitacionales repetitivas, presencia de áreas comunes o sistemas generales, y factibilidad de aplicar soluciones sostenibles relacionadas con agua potable y energía eléctrica.

Tabla 2. Potencial de análisis según tipología edificatoria

Tipología preliminar	Potencial para análisis de agua y energía	Justificación
Vivienda residencial baja, 1 a 3 pisos	Bajo	Permite analizar consumos domésticos básicos, pero presenta menor presencia de áreas comunes y sistemas generales.
Vivienda-comercio baja, 1 a 3 pisos	Medio	Incorpora mezcla de usos, pero su baja altura limita el análisis de sistemas compartidos del edificio.
Comercial	Bajo	No corresponde directamente al enfoque residencial del estudio.
Otras edificaciones	Bajo	Agrupar usos diversos que no necesariamente se relacionan con vivienda residencial.
Vivienda-comercio media, 4 a 5 pisos	Alto	Permite analizar unidades habitacionales, posible uso comercial, áreas comunes y sistemas generales.

Vivienda-comercio alta, 6 pisos o más	Alto	Presenta mayor complejidad funcional y técnica, con mayor potencial para estudiar consumos privados, comunes y sistemas compartidos.
Residencial media, 4 a 5 pisos	Alto	Permite analizar consumos repetitivos por unidades habitacionales y posibles áreas comunes.
Residencial alta, 6 pisos o más	Alto	Ofrece condiciones favorables para analizar unidades repetitivas, áreas comunes, sistemas generales y soluciones sostenibles.

Fuente: *Elaboración propia con base en la clasificación preliminar de edificaciones registradas en Cuenca y en los criterios metodológicos de la investigación.*

Con base en esta lectura expuesta en el cuadro arriba indicado, el estudio prioriza las tipologías residenciales o vivienda-comercio de mediana y mayor altura, debido a que presentan mejores condiciones para identificar puntos de consumo, seleccionar soluciones sostenibles y evaluar su viabilidad técnica y económica. Esta priorización permite que la selección posterior del caso de estudio responda a criterios de pertinencia técnica, y no únicamente a la frecuencia estadística observada en el universo de edificaciones registradas.

4.3 Priorización de la tipología edificatoria de análisis

A partir de la identificación de tipologías edificatorias con potencial de análisis, se procede a priorizar aquella que presenta mejores condiciones para el desarrollo del estudio. Esta priorización resulta necesaria debido a que no todas las tipologías con potencial alto ofrecen el mismo nivel de complejidad funcional, diversidad de puntos de consumo o presencia de sistemas generales asociados al uso de agua potable y energía eléctrica.

En el análisis previo se identificaron cuatro tipologías con potencial alto: vivienda-comercio de mediana altura, vivienda-comercio de mayor altura, residencial de mediana altura y residencial de mayor altura. Estas tipologías guardan relación con el enfoque de la investigación, debido a que incorporan uso residencial y permiten analizar consumos repetitivos asociados a unidades habitacionales. Sin embargo, las edificaciones de mayor altura presentan mejores condiciones para el estudio, porque pueden incorporar una mayor cantidad de unidades, áreas comunes, sistemas de circulación vertical, iluminación comunal, abastecimiento de agua, bombeo y otros sistemas generales del edificio.

Para priorizar la tipología edificatoria de análisis, se consideran criterios vinculados con el componente residencial, número de pisos, posibilidad de identificar unidades habitacionales repetitivas, presencia de áreas comunes, existencia potencial de sistemas generales y pertinencia para comparar una condición base con una condición mejorada. Estos criterios

permiten determinar qué tipología ofrece un campo de análisis más completo para evaluar soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica.

Tabla 3. *Matriz de priorización de tipologías edificatorias para el análisis*

Tipología con alto potencial	Componente residencial	Número de pisos	Posibilidad de áreas comunes	Posibilidad de sistemas generales	Pertinencia para agua y energía	Priorización
Vivienda-comercio media, 4 a 5 pisos	Alta	Media	Media	Media	Alta	Media
Vivienda-comercio alta, 6 pisos o más	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Residencial media, 4 a 5 pisos	Alta	Media	Media	Media	Alta	Media
Residencial alta, 6 pisos o más	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: *Elaboración propia con base en la clasificación preliminar de edificaciones registradas en Cuenca y en los criterios metodológicos de la investigación*

Como se observa en la matriz de priorización, las tipologías de mayor altura, es decir, aquellas de seis pisos o más, presentan mejores condiciones para el análisis propuesto. Esta condición se debe a que este tipo de edificaciones permite estudiar no solo los consumos propios de las unidades habitacionales, sino también los consumos asociados a áreas comunes y sistemas generales del edificio.

Dentro de estas tipologías, las edificaciones de vivienda-comercio de mayor altura presentan una condición particularmente pertinente para el estudio, debido a que integran el componente residencial con posibles usos complementarios en planta baja u otros niveles. Esta característica puede ampliar la diversidad de puntos de consumo y permitir una lectura más completa del funcionamiento del edificio. No obstante, la prioridad de esta tipología se mantiene condicionada a que el proyecto seleccionado conserve un componente residencial claro y que disponga de información suficiente para desarrollar el análisis técnico y económico.

En consecuencia, la investigación prioriza como tipología edificatoria de análisis a las edificaciones residenciales o vivienda-comercio de mayor altura, entendidas como aquellas de seis pisos o más. Esta priorización permitirá orientar la selección del caso de estudio hacia un proyecto con mayor capacidad para identificar puntos de consumo, comparar soluciones

convencionales y sostenibles, y evaluar la viabilidad técnica y económica de las alternativas propuestas.

4.4 Selección del caso de estudio

Una vez priorizada la tipología edificatoria de análisis, se procede a la selección del caso de estudio. Esta selección se realiza dentro del grupo de edificaciones existentes de uso residencial o vivienda-comercio de mayor altura, es decir, edificaciones de seis pisos o más, debido a que presentan mejores condiciones para analizar consumos de agua potable y energía eléctrica en unidades habitacionales, áreas comunes y sistemas generales del edificio.

Para efectos de esta investigación, el caso de estudio debe corresponder a una edificación existente o construida, debido a que el análisis busca evaluar la posibilidad de incorporar soluciones sostenibles de mejora sobre una condición base identificable. En este sentido, la condición base se entiende como el estado actual o convencional del edificio respecto al uso de agua potable y energía eléctrica, mientras que la condición mejorada corresponde a un escenario propuesto en el cual se incorporan alternativas sostenibles orientadas a reducir dichos consumos.

La selección del caso de estudio no responde únicamente a la frecuencia estadística de una tipología dentro del universo analizado, sino a su pertinencia técnica para el desarrollo de la investigación. Por ello, se consideran edificios que, además de corresponder a la tipología priorizada, cuenten con condiciones suficientes para caracterizar sus espacios, identificar puntos de consumo y comparar una condición base con una condición mejorada.

Para este proceso se aplica una matriz de selección del caso de estudio, en la cual se comparan tres edificaciones existentes: Edificio Carrara, Edificio Navarra y Edificio Montano. La matriz valora criterios relacionados con ubicación, uso, número de unidades habitacionales, número de pisos, disponibilidad de información arquitectónica, disponibilidad de información hidrosanitaria, disponibilidad de información eléctrica, existencia de presupuesto o costos referenciales y potencial de aplicación de soluciones sostenibles, conforme a la metodología definida para la investigación.

Tabla 4. Matriz de selección del caso de estudio

Criterio de selección	Descripción del criterio	Relevancia (%)	Proyecto A: Edificio Carrara	Proyecto B: Edificio Navarra	Proyecto C: Edificio Montano	Fuente de verificación
Ubicación en Cuenca	El edificio debe ubicarse dentro del área urbana o de expansión residencial de Cuenca.	10%	5	5	5	Dirección, ficha del proyecto, registro SIGEO-Cuenca o información levantada

Uso residencial o vivienda-comercio	El edificio debe corresponder a vivienda multifamiliar, edificio residencial o edificación mixta con componente residencial.	15%	5	5	5	Registro SIGEO-Cuenca, memoria arquitectónica, planos o información levantada
Número de unidades habitacionales	Se priorizan edificios con varias unidades, porque permiten analizar consumos repetitivos de agua y energía.	10%	5	5	5	Cuadro de áreas, planos, información del edificio o levantamiento preliminar
Número de pisos	Se priorizan edificios de seis pisos o más, porque pueden incorporar áreas comunes, circulación vertical, iluminación comunal y sistemas generales.	10%	5	5	5	Registro SIGEO-Cuenca, planos arquitectónicos o información levantada
Disponibilidad de información arquitectónica	Existencia de planos, áreas, distribución, número de unidades y características generales del edificio.	15%	5	1	1	Planos arquitectónicos, cuadro de áreas, memoria arquitectónica o información verificable
Disponibilidad de información hidrosanitaria	Existencia de datos sobre baños, cocinas, lavanderías, puntos de agua, cisterna, bombeo o sistema hidroneumático.	10%	3	1	1	Planos hidrosanitarios, memoria técnica, levantamiento técnico, inspección o información verificable

Disponibilidad de información eléctrica	Existencia de datos sobre luminarias, áreas comunes, equipos, medidores, ascensor, portones eléctricos o sistemas eléctricos relevantes.	10%	3	1	1	Planos eléctricos, memoria técnica, levantamiento técnico, inspección o información verificable
Disponibilidad de presupuesto o costos referenciales	Existencia de presupuesto, APU, cotizaciones, precios de mercado o valores referenciales de obra.	10%	2	1	1	Presupuesto, APU, cotizaciones, catálogos, proveedores o referencias de costos
Potencial de aplicación de soluciones sostenibles	El edificio permite comparar una condición base y una condición mejorada en agua potable y energía eléctrica.	10%	5	5	5	Revisión técnica del edificio
Puntaje total ponderado	Resultado obtenido a partir de la calificación asignada a cada criterio y su respectiva relevancia porcentual.	100%	86/100	64/100	64/100	

Fuente: *Elaboración propia con base en los criterios metodológicos de la investigación, información disponible del Edificio Carrara, información preliminar de los edificios Navarra y Montano, y registros de edificaciones existentes del SIGEO-Cuenca.*

A partir de la matriz aplicada, el Edificio Carrara obtiene el mayor puntaje ponderado, con 86 sobre 100. Este resultado se explica porque cumple con la tipología edificatoria priorizada, corresponde a una edificación existente de vivienda-comercio de seis pisos, se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca y cuenta con 20 departamentos, 6 locales comerciales, 30 parqueaderos, ascensor y sistema de abastecimiento de agua mediante cisterna, bomba o sistema hidroneumático.

El Edificio Navarra y el Edificio Montano también corresponden a edificaciones existentes de vivienda-comercio de mayor altura, por lo que presentan condiciones favorables en cuanto a ubicación, uso, número de unidades habitacionales, número de pisos y potencial de aplicación

de soluciones sostenibles. Sin embargo, en ambos casos la información arquitectónica, hidrosanitaria, eléctrica y presupuestaria no se encuentra verificada, lo que limita su utilización como caso principal para el desarrollo del análisis técnico y económico.

La diferencia principal entre los proyectos comparados radica en la disponibilidad de información para desarrollar el estudio. En el caso del Edificio Carrara, se dispone de planos arquitectónicos, lo que permite caracterizar la edificación, identificar su distribución general, reconocer unidades habitacionales, locales comerciales, parqueaderos, áreas comunes y posibles puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica. Aunque no se cuenta con planos hidrosanitarios, planos eléctricos ni presupuesto detallado, estas limitaciones pueden ser abordadas mediante levantamiento técnico, revisión de planos arquitectónicos, conteo de aparatos y espacios, fichas técnicas, tarifas vigentes, cotizaciones y costos referenciales.

Esta matriz nos da como resultado la selección del Edificio Carrara como caso de estudio, debido a que presenta mejores condiciones de pertinencia técnica, disponibilidad de información básica y potencial de aplicación de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta selección permite pasar del análisis general de tipologías edificatorias registradas en Cuenca hacia la caracterización específica de una edificación existente, sobre la cual se desarrollará posteriormente la comparación entre la condición base y la condición mejorada.

4.5 Descripción general del proyecto inmobiliario residencial seleccionado

El caso de estudio seleccionado corresponde al Edificio Carrara, una edificación existente de uso vivienda-comercio ubicada en la ciudad de Cuenca, en el sector de la calle Cordero Gonzalo Dávila y Av. Juan Íñiguez. La selección de este edificio responde a su correspondencia con la tipología priorizada en la investigación, es decir, una edificación vivienda-comercio de mayor altura, con seis pisos o más, que permite analizar consumos de agua potable y energía eléctrica en unidades habitacionales, áreas comunes y sistemas generales.

El Edificio Carrara cuenta con seis pisos y combina uso residencial con uso comercial. Su componente residencial está conformado por 20 departamentos, mientras que el componente comercial se desarrolla mediante 6 locales comerciales. Además, la edificación dispone de 30 parqueaderos, ascensor y sistema de abastecimiento de agua mediante cisterna, bomba o sistema hidroneumático. Estas características permiten identificar diferentes espacios y sistemas asociados al consumo de agua potable y energía eléctrica, lo cual resulta pertinente para el análisis comparativo entre una condición base y una condición mejorada.

La existencia de unidades habitacionales repetitivas permite analizar consumos asociados al uso cotidiano de la vivienda, como baños, duchas, lavamanos, cocinas, lavanderías, iluminación interior y equipos eléctricos básicos. Por otra parte, la presencia de locales comerciales, parqueaderos, ascensor y sistema de abastecimiento de agua amplía el campo de análisis hacia consumos vinculados con áreas comunes y sistemas generales del edificio.

A diferencia de una vivienda individual o una edificación residencial de baja altura, el Edificio Carrara presenta una mayor diversidad funcional y operativa. Esta condición permite evaluar soluciones sostenibles no solo a nivel de las unidades privadas, sino también en espacios compartidos y componentes generales del edificio. Por ello, el caso seleccionado ofrece condiciones adecuadas para identificar puntos de consumo, establecer una condición base y proponer una condición mejorada orientada a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica.

Tabla 5. *Características generales del Edificio Carrara*

Característica	Descripción
Nombre del edificio	Edificio Carrara
Ubicación general	Calle Cordero Gonzalo Dávila y Av. Juan Íñiguez, Cuenca
Condición del edificio	Edificación existente/construida
Uso	Vivienda-comercio
Número de pisos	6 pisos
Unidades habitacionales	20 departamentos
Locales comerciales	6 locales
Parqueaderos	30 parqueaderos
Ascensor	Sí
Sistema de abastecimiento de agua	Cisterna, bomba o sistema hidroneumático
Información disponible	Planos arquitectónicos

Fuente: *Elaboración propia con base en información disponible del Edificio Carrara.*

Con base en estas características, el Edificio Carrara constituye un caso adecuado para el análisis de soluciones sostenibles aplicadas al consumo de agua potable y energía eléctrica. Su configuración vivienda-comercio, el número de unidades habitacionales, la presencia de locales comerciales, parqueaderos, ascensor y sistema de abastecimiento de agua permiten desarrollar una lectura integral de consumos asociados tanto a espacios privados como a áreas comunes y sistemas generales.

Figura 2. *Vista actual del Edificio Carrara*

Fuente: *Registro fotográfico propio, 2026.*

La fotografía permite identificar la condición existente del edificio seleccionado y complementar la caracterización general del caso de estudio. Su inclusión tiene un propósito descriptivo, orientado a reconocer visualmente la edificación sobre la cual se desarrollará el análisis comparativo de soluciones sostenibles.

4.6 Caracterización arquitectónica y funcional del edificio

El Edificio Carrara presenta una configuración de uso mixto, combinando vivienda y comercio dentro de una misma edificación. Esta condición permite identificar distintos tipos de espacios, usuarios y sistemas de funcionamiento, lo cual resulta relevante para el análisis de consumo de agua potable y energía eléctrica. El edificio cuenta con seis pisos, 20 departamentos, 6 locales comerciales, 30 parqueaderos, ascensor, áreas comunes en planta baja, sistema de abastecimiento de agua mediante cisterna y bomba o sistema hidroneumático, y generador eléctrico para respaldo en caso de cortes de energía.

Desde el punto de vista funcional, el edificio se organiza en componentes privados, áreas comunes y sistemas generales. Los componentes privados corresponden a los departamentos y locales comerciales, donde se generan consumos directos de agua potable y energía eléctrica. Las áreas comunes se ubican principalmente en planta baja e incluyen lobby, gimnasio, área de barbacoa, sala de reuniones, área administrativa y espacios de circulación. Los sistemas generales corresponden a los elementos que permiten el funcionamiento integral de la edificación, como el ascensor, la cisterna, el sistema de bombeo o hidroneumático, la iluminación comunal, el generador eléctrico y otros equipos de operación común.

En cuanto a la organización de parqueaderos, el edificio dispone de 30 plazas, distribuidas en 8 parqueaderos en planta baja y 22 parqueaderos en subsuelo. Esta condición permite identificar consumos asociados a iluminación, circulación vehicular, limpieza de áreas comunes y funcionamiento de espacios bajo cubierta. Además, en el subsuelo se localiza la cisterna o sistema de abastecimiento de agua, lo que vincula este nivel con el análisis del consumo eléctrico asociado al bombeo y con el abastecimiento general de agua potable del edificio.

El componente residencial está conformado por 20 departamentos, distribuidos a razón de 4 departamentos por piso. El sexto piso corresponde a unidades tipo penthouse, por lo que no existe una terraza accesible de uso comunal. Esta condición permite diferenciar los espacios privados de vivienda frente a las áreas comunes del edificio, las cuales se concentran principalmente en planta baja. La repetición de unidades habitacionales favorece el análisis de consumos asociados al uso doméstico, como baños, duchas, lavamanos, cocinas, lavanderías, iluminación interior y equipos eléctricos básicos.

El componente comercial está conformado por 6 locales, ubicados en la edificación como parte del uso vivienda-comercio. Estos espacios pueden generar consumos diferenciados de agua potable y energía eléctrica, dependiendo de su actividad específica. Sin embargo, para efectos de la investigación, su análisis se orientará a los puntos de consumo identificables y a la información disponible, evitando estimaciones que no puedan sustentarse técnicamente.

El edificio cuenta además con ascensor que llega a todos los pisos, lo que incorpora un sistema general relevante para el análisis energético. Este elemento, junto con la iluminación de áreas comunes, parqueaderos, lobby, gimnasio, sala de reuniones, área administrativa, sistema de bombeo y generador eléctrico, permite reconocer que el consumo de energía eléctrica no se limita al interior de las unidades habitacionales, sino que también se relaciona con el funcionamiento común de la edificación.

Tabla 6. Organización arquitectónica y funcional del Edificio Carrara

Componente funcional	Espacios o elementos asociados	Relación con el consumo de agua potable	Relación con el consumo de energía eléctrica
Unidades habitacionales	20 departamentos, distribuidos en 4 departamentos por piso	Baños, duchas, lavamanos, cocinas y lavanderías	Iluminación interior y equipos eléctricos básicos
Unidades tipo penthouse	Departamentos ubicados en el sexto piso	Consumos propios de vivienda: baños, duchas, lavamanos, cocina y lavandería	Iluminación interior y equipos eléctricos propios de la vivienda

Locales comerciales	6 locales comerciales	Puntos sanitarios o lavamanos, según disponibilidad de cada local	Iluminación interior y equipos propios del uso comercial
Parqueaderos	8 parqueaderos en planta baja y 22 parqueaderos en subsuelo	Limpieza de parqueaderos, si aplica	Iluminación de parqueaderos y circulación vehicular
Áreas comunes en planta baja	Lobby, gimnasio, área de barbacoa, sala de reuniones y área administrativa	Puntos sanitarios, limpieza y posibles puntos de agua asociados a áreas comunes	Iluminación, equipos de uso común y funcionamiento de espacios compartidos
Circulación vertical	Ascensor y escaleras	No aplica directamente, salvo limpieza de áreas comunes	Consumo eléctrico del ascensor e iluminación asociada
Sistema general de agua	Cisterna, bomba o sistema hidroneumático ubicado en subsuelo	Abastecimiento general de agua potable del edificio	Consumo eléctrico asociado al bombeo o presurización
Sistema eléctrico de respaldo	Generador eléctrico para cortes de energía	No aplica directamente	Respaldo de energía para sistemas o áreas determinadas del edificio
Sistemas eléctricos comunes	Iluminación comunal, tableros, medidores y equipos generales	No aplica directamente	Distribución y consumo eléctrico de áreas comunes y sistemas generales

Fuente: Levantamiento de información en sitio del Edificio Carrara

La caracterización arquitectónica y funcional del Edificio Carrara permite reconocer que el análisis de consumo no debe limitarse únicamente a los departamentos. La presencia de locales comerciales, parqueaderos, áreas comunes, ascensor, sistema de abastecimiento de agua y generador eléctrico amplía el campo de evaluación hacia consumos compartidos y sistemas generales. Esta condición resulta relevante para la investigación, debido a que las

soluciones sostenibles pueden aplicarse tanto en puntos de consumo privados como en espacios comunes y equipos generales del edificio.

Por tanto, la organización funcional del Edificio Carrara constituye la base para la posterior identificación de los principales puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica. A partir de esta caracterización será posible diferenciar los consumos asociados a unidades habitacionales, locales comerciales, áreas comunes, parqueaderos y sistemas generales, permitiendo estructurar una condición base y una condición mejorada de manera ordenada y coherente con los objetivos del estudio.

4.7 Identificación de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica

A partir de la caracterización arquitectónica y funcional del Edificio Carrara, se identifican los principales puntos, espacios y sistemas asociados al consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta identificación constituye una etapa previa al análisis comparativo entre la condición base y la condición mejorada, debido a que permite reconocer dónde se generan los consumos y qué componentes del edificio presentan mayor potencial para la aplicación de soluciones sostenibles.

El análisis se organiza en tres grupos funcionales: unidades privadas, áreas comunes y sistemas generales. Las unidades privadas corresponden a los departamentos y locales comerciales. Las áreas comunes comprenden espacios como lobby, gimnasio, área de barbacoa, sala de reuniones, área administrativa, circulaciones, escaleras y parqueaderos. Los sistemas generales incluyen el ascensor, la cisterna, el sistema de bombeo o hidroneumático, la iluminación comunal y el generador eléctrico de respaldo.

En el componente de agua potable, los puntos de consumo se relacionan principalmente con baños, lavamanos, duchas, cocinas, lavanderías, puntos sanitarios de locales comerciales, limpieza de áreas comunes, limpieza de parqueaderos y abastecimiento general mediante cisterna y bombeo. Estos elementos permiten identificar consumos tanto en las unidades habitacionales como en los espacios compartidos del edificio.

En el componente de energía eléctrica, los puntos de consumo se asocian con la iluminación interior de departamentos y locales, iluminación de áreas comunes, iluminación de parqueaderos, funcionamiento del ascensor, equipos de áreas comunes, sistema de bombeo o hidroneumático, y sistemas eléctricos generales. El generador eléctrico se considera como un sistema de respaldo, relevante para la caracterización funcional del edificio, aunque su análisis dependerá de la disponibilidad de información sobre capacidad, uso y frecuencia de operación.

La identificación de estos puntos no implica todavía una cuantificación definitiva del consumo, sino una delimitación inicial de los elementos que deberán ser revisados posteriormente mediante planos, levantamiento técnico, fichas de productos, tarifas vigentes, cotizaciones y costos referenciales. De esta manera, se evita realizar estimaciones sin respaldo y se mantiene la coherencia metodológica del estudio.

Tabla 7. *Identificación preliminar de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica en el Edificio Carrara*

Componente	Tipo de espacio o sistema	Espacio, sistema o punto de consumo	Elemento asociado	Relevancia preliminar para el análisis	Información requerida para cuantificación
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños de departamentos	Inodoros, lavamanos y duchas	Alta	Número de baños, aparatos sanitarios y especificaciones de consumo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Cocinas de departamentos	Fregaderos y griferías	Alta	Número de cocinas, tipo de grifería y caudal referencial
Agua potable	Unidad habitacional privada	Lavanderías de departamentos	Llaves, lavaderos o puntos para lavadora	Media	Número de lavanderías y puntos de agua instalados
Agua potable	Locales comerciales	Servicios sanitarios o puntos de agua	Lavamanos, inodoros o griferías, según cada local	Media	Número de locales con puntos sanitarios y tipo de aparato instalado
Agua potable	Área común	Gimnasio, sala de reuniones, barbacoa y área administrativa	Baños, lavamanos, fregaderos o puntos de limpieza, según corresponda	Media	Identificación de puntos de agua existentes en áreas comunes
Agua potable	Área común	Parqueaderos en planta baja y subsuelo	Limpieza de parqueaderos	Media	Frecuencia estimada de limpieza y punto de abastecimiento utilizado

Agua potable	Sistema general	Cisterna y sistema de abastecimiento	Cisterna, bomba o sistema hidroneumático	Alta	Capacidad de cisterna, potencia de bomba y esquema de abastecimiento
Energía eléctrica	Unidad habitacional privada	Departamentos	Iluminación interior y equipos eléctricos básicos	Alta	Número de departamentos, luminarias y cargas referenciales
Energía eléctrica	Locales comerciales	Locales comerciales	Iluminación interior y equipos propios del uso comercial	Media	Número de locales, luminarias y tipo de actividad o carga referencial
Energía eléctrica	Área común	Lobby, circulaciones y escaleras	Iluminación comunal	Alta	Número de luminarias, potencia, horas de uso y tipo de control
Energía eléctrica	Área común	Gimnasio, barbacoa, sala de reuniones y área administrativa	Iluminación y equipos de uso común	Media	Número de luminarias, equipos y frecuencia de uso
Energía eléctrica	Área común	Parqueaderos en planta baja y subsuelo	Iluminación de parqueaderos	Alta	Número de luminarias, potencia y horas de funcionamiento
Energía eléctrica	Sistema general	Ascensor	Equipo de circulación vertical	Alta	Potencia del ascensor, frecuencia de uso y características técnicas
Energía eléctrica	Sistema general	Sistema de abastecimiento de agua	Bomba o sistema hidroneumático	Alta	Potencia de bomba, tiempo de operación y

					modo de funcionamiento
Energía eléctrica	Sistema general	Generador eléctrico de respaldo	Equipo de respaldo ante cortes de energía	Media	Capacidad del generador, sistemas respaldados y frecuencia de uso

Fuente: *Elaboración propia con base en la caracterización arquitectónica y funcional del Edificio Carrara.*

Esta matriz permite identificar que los puntos con mayor relevancia preliminar para el análisis corresponden a los baños, cocinas y lavanderías de los departamentos; la iluminación de áreas comunes y parqueaderos; el sistema de abastecimiento de agua mediante cisterna y bomba; y el ascensor. Estos componentes presentan mayor potencial de análisis porque se relacionan con consumos repetitivos, funcionamiento común del edificio y posibilidad de incorporar soluciones sostenibles comparables frente a una condición base.

En el componente de agua potable, las soluciones sostenibles podrán orientarse principalmente a la sustitución o incorporación de aparatos sanitarios eficientes, griferías de bajo consumo, duchas ahorradoras, aireadores, sistemas de control de caudal y medidas de optimización en puntos de uso común. En el componente de energía eléctrica, el análisis podrá considerar iluminación LED, sensores o controles en áreas comunes, equipos eficientes y alternativas de optimización para sistemas generales, siempre que exista información suficiente para estimar costos y ahorros.

La identificación preliminar de puntos de consumo constituye la base para el levantamiento técnico posterior. A partir de esta matriz se deberán verificar cantidades, especificaciones, frecuencias de uso, consumos unitarios referenciales y costos asociados, con el fin de definir posteriormente la condición base y la condición mejorada del edificio.

4.8 Matriz de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica

Una vez caracterizado arquitectónica y funcionalmente el Edificio Carrara, se procede a organizar los principales puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica mediante la matriz metodológica definida para la investigación. Esta matriz permite relacionar cada componente con el tipo de espacio o sistema, el punto de consumo, el elemento asociado, la cantidad identificada, la frecuencia de uso estimada, el consumo unitario referencial, el consumo total estimado y el nivel de consumo.

La finalidad de esta matriz es reconocer los puntos de mayor incidencia dentro del edificio, de manera que el análisis posterior de soluciones sostenibles no se realice de forma general, sino a partir de los consumos identificados en unidades habitacionales, locales comerciales, áreas comunes y sistemas generales. Esta organización permite establecer una base técnica para definir posteriormente la condición base y la condición mejorada.

Para el componente de agua potable, se consideraron los baños de departamentos, cocinas, lavanderías, baños de locales comerciales, baños de áreas comunes, puntos de agua de apoyo, limpieza de áreas comunes y parqueaderos, cisterna de abastecimiento y reserva contra incendios. Para el componente de energía eléctrica, se consideraron la iluminación interior de departamentos, equipos eléctricos básicos, iluminación y equipos de locales comerciales, iluminación de áreas comunes, ascensores, sistema de bombeo o hidroneumático y generador eléctrico de respaldo.

La estimación se desarrolló a partir de información propia del Edificio Carrara y parámetros técnicos referenciales. El edificio cuenta con 20 departamentos, distribuidos en 16 departamentos estándar con 3 baños cada uno y 4 unidades tipo penthouse con 4 baños cada una. De acuerdo con esta distribución, se identifican 64 baños en unidades habitacionales, 44 duchas, 20 cocinas y 20 lavanderías. Además, el edificio cuenta con 6 locales comerciales, 2 baños en áreas comunes, 4 puntos de agua para limpieza, una cisterna de 30 m³, dos bombas para el sistema de abastecimiento, dos ascensores, 153 luminarias LED en áreas comunes y 500 luminarias interiores estimadas en departamentos.

Tabla 8. Matriz de puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica del Edificio Carrara

Componente	Tipo de espacio o sistema	Espacio, sistema o punto de consumo	Elemento asociado	Cantidad	Frecuencia de uso estimada	Consumo unitario referencial	Consumo diario estimado	Unidad diaria	Consumo mensual estimado	Unidad mensual	Nivel de consumo
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños de departamentos	Inodoros	64 unidades	5,1 descargas/persona/día x 80 ocupantes	4,8 L/descarga	1.958,40	L/día	58,75	m³/mes	Alto
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños de departamentos	Lavamanos	64 unidades	5 usos/persona/día x 0,25 min/uso x 80 ocupantes	5,7 L/min	570,00	L/día	17,10	m³/mes	Alto
Agua potable	Unidad habitacional privada	Baños de departamentos	Duchas	44 unidades	1 ducha/persona/día x 8,2 min x 80 ocupantes	9,5 L/min	6.232,00	L/día	186,96	m³/mes	Alto
Agua potable	Unidad habitacional privada	Cocinas de departamentos	Fregaderos / griferías	20 unidades	4 min/persona/día x 80 ocupantes	6,8 L/min	2.176,00	L/día	65,28	m³/mes	Alto
Agua potable	Unidad habitacional privada	Lavanderías de departamentos	Llaves, lavaderos o puntos para lavadora	20 unidades	3 ciclos/departamento/semana x 20 departamentos	60 L/ciclo	514,29	L/día	15,43	m³/mes	Alto
Agua potable	Locales comerciales	Servicios sanitarios de locales	Inodoros	6 unidades	15 descargas/local/día x 6 días/semana	4,8 L/descarga	370,29	L/día	11,11	m³/mes	Medio
Agua potable	Locales comerciales	Servicios sanitarios de locales	Lavamanos	6 unidades	15 usos/local/día x 0,25 min/uso x 6 días/semana	5,7 L/min	109,93	L/día	3,30	m³/mes	Medio
Agua potable	Área común	Baños de áreas comunes	Inodoros	2 unidades	10 descargas/día	4,8 L/descarga	48,00	L/día	1,44	m³/mes	Bajo
Agua potable	Área común	Baños de áreas comunes	Lavamanos	2 unidades	10 usos/día x 0,25 min/uso	5,7 L/min	14,25	L/día	0,43	m³/mes	Bajo

Agua potable	Área común	Gimnasio, barbacoa, sala de reuniones y administración	Puntos de agua de apoyo	2 puntos referenciales	Uso diario de apoyo y limpieza menor	50 L/día	50,00	L/día	1,50	m³/mes	Bajo
Agua potable	Área común	Limpieza de áreas comunes y parqueaderos	Puntos de agua para limpieza	4 puntos	Limpieza común diaria y parqueaderos cada 3 meses	30 L/día equivalente	30,00	L/día	0,90	m³/mes	Bajo
Agua potable	Sistema general	Cisterna de abastecimiento	Reserva útil para consumo diario	18.000 litros	Capacidad de almacenamiento, no consumo directo	18.000 L	18,00	m³ almacenados	No aplica	No aplica	Dato técnico
Agua potable	Sistema general	Cisterna contra incendios	Reserva exclusiva contra incendios	12.000 litros	Uso eventual / emergencia	12.000 L	12,00	m³ almacenados	No aplica	No aplica	No aplica al consumo diario
Energía eléctrica	Unidad habitacional privada	Departamentos	Iluminación interior	500 luminarias	4 h/día	9 W/luminaria	18,00	kWh/día	540,00	kWh/mes	Alto
Energía eléctrica	Unidad habitacional privada	Departamentos	Equipos eléctricos básicos	20 departamentos	Cocina de inducción, extractor, lavadora, secadora, refrigeradora y TV	5,68 kWh/departamento/día	113,60	kWh/día	3.408,00	kWh/mes	Alto
Energía eléctrica	Locales comerciales	Locales comerciales	Iluminación interior	102 luminarias	9 h/día x 6 días/semana	18 W/luminaria	14,16	kWh/día	424,80	kWh/mes	Alto
Energía eléctrica	Locales comerciales	Locales comerciales	Tomacorrientes y equipos básicos	6 locales	6 días/semana, 8h00 a 17h00	2 kWh/local/día	10,29	kWh/día	308,70	kWh/mes	Medio
Energía eléctrica	Área común	Lobby, pasillos, escaleras, gimnasio, barbacoa, sala de reuniones, administración y parqueaderos	Luminarias LED	153 luminarias	6 h/día promedio equivalente	18 W/luminaria	16,52	kWh/día	495,60	kWh/mes	Alto

Energía eléctrica	Sistema general	Ascensores	Equipos de circulación vertical	2 ascensores	150 viajes/día totales x 1 min/viaje	7,6 kW promedio	19,00	kWh/día	570,00	kWh/mes	Alto
Energía eléctrica	Sistema general	Sistema de abastecimiento de agua	Bombas / sistema hidroneumático	2 bombas	1,5 h/día, funcionamiento simultáneo	2,0515 kW/bomba	6,15	kWh/día	184,50	kWh/mes	Medio
Energía eléctrica	Sistema general	Generador eléctrico de respaldo	Equipo de respaldo energético	1 generador	Uso eventual; casi nunca	40 kVA	0,00	kWh/día	0,00	kWh/mes	Bajo / eventual
							TOTAL AGUA POTABLE (sin cisterna como consumo)	12.073,16	L/día	362,20	m³/mes
							TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA	197,72	kWh/día	5.931,60	kWh/mes

Fuente: *Elaboración propia con base en información arquitectónica y funcional del Edificio Carrara, datos levantados para la presente investigación, parámetros técnicos referenciales de consumo de agua potable y estimaciones energéticas mediante relación potencia-tiempo.*

Nota: *Para el cálculo del consumo total estimado no se considera la capacidad de la cisterna como consumo diario, debido a que corresponde a almacenamiento. La reserva útil de 18 m³ y la reserva contra incendios de 12 m³ se incluyen únicamente como datos técnicos del sistema de abastecimiento.*

A partir de la matriz, se estima un consumo preliminar de agua potable de aproximadamente 12.073,16 L/día, equivalente a 362,19 m³/mes. Este valor corresponde a una estimación técnica y no a un consumo facturado real, debido a que no se dispone de planillas de consumo del edificio. Los mayores consumos estimados se concentran en las duchas, fregaderos de cocina, inodoros, lavamanos y lavanderías de los departamentos, lo que evidencia que el componente residencial privado constituye el principal punto de incidencia en el consumo de agua potable.

En el componente de agua potable, la cisterna no se considera un punto de consumo directo, sino un sistema de almacenamiento y abastecimiento. La capacidad total de la cisterna es de 30 m³, de los cuales aproximadamente 18 m³ corresponden a reserva útil para consumo diario y 12 m³ a reserva exclusiva contra incendios. Esta diferenciación resulta importante porque la reserva contra incendios no forma parte del consumo cotidiano del edificio, aunque sí constituye un componente relevante dentro de la caracterización técnica del sistema.

En el componente de energía eléctrica, se estima un consumo preliminar de aproximadamente 197,72 kWh/día, equivalente a 5.931,60 kWh/mes. Los puntos de mayor incidencia estimada corresponden a los equipos eléctricos básicos de los departamentos, iluminación interior de departamentos, ascensores, iluminación de áreas comunes, iluminación de locales comerciales y sistema de bombeo. Al igual que en el caso del agua potable, estos valores deben entenderse como estimaciones preliminares, sujetas a ajuste en caso de contar posteriormente con planillas reales o fichas técnicas específicas.

La matriz evidencia que el Edificio Carrara ya incorpora algunas condiciones de eficiencia en su estado actual, como luminarias LED en áreas comunes y sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos. Por esta razón, la condición base del edificio no debe interpretarse como totalmente convencional, sino como una condición existente que combina elementos eficientes y elementos con posibilidad de mejora. Esta situación será considerada en los siguientes apartados, al momento de definir la condición base y plantear una condición mejorada.

Por ende, la matriz de puntos de consumo permite identificar que los principales componentes para el análisis posterior son los aparatos sanitarios, duchas, griferías, cocinas, lavanderías, iluminación interior de departamentos, iluminación de locales comerciales, iluminación de áreas comunes, ascensores y sistema de bombeo. Estos elementos servirán como base para seleccionar soluciones sostenibles aplicables y evaluar su viabilidad técnica y económica mediante la comparación entre la condición base y la condición mejorada.

4.9 Definición de la condición base del Edificio Carrara

La condición base del Edificio Carrara corresponde al estado actual de la edificación respecto a los componentes relacionados con el consumo de agua potable y energía eléctrica. Esta condición permite establecer el punto de partida para el análisis comparativo posterior, en el

cual se evaluará la incorporación de soluciones sostenibles orientadas a reducir dichos consumos.

A diferencia de un escenario teórico completamente convencional, la condición base del Edificio Carrara está conformada por elementos existentes que combinan soluciones tradicionales y algunas medidas de eficiencia ya implementadas. Por esta razón, el análisis no parte de la sustitución general de todos los componentes, sino de la identificación de aquellos elementos que aún presentan potencial de mejora técnica y económica.

En el componente de agua potable, la condición base está conformada por inodoros de doble descarga, lavamanos, duchas convencionales, fregaderos de cocina, puntos de lavandería, baños de locales comerciales, baños de áreas comunes, puntos de agua para limpieza y sistema general de abastecimiento mediante cisterna y bombeo. El edificio cuenta con una cisterna de 30 m³, de los cuales aproximadamente 18 m³ corresponden a reserva útil para consumo diario y 12 m³ a reserva exclusiva contra incendios. Además, el sistema de abastecimiento dispone de dos bombas o sistema hidroneumático para garantizar la presión y distribución del agua potable.

En este componente, se identifica que los inodoros ya incorporan doble descarga, lo cual representa una condición de eficiencia frente a aparatos sanitarios convencionales de mayor consumo. Sin embargo, las griferías no cuentan con aireadores y las duchas son convencionales, por lo que estos elementos mantienen potencial de mejora mediante la incorporación de dispositivos o accesorios de bajo consumo.

En el componente de energía eléctrica, la condición base incluye iluminación interior en departamentos, iluminación de locales comerciales, iluminación de áreas comunes, iluminación de parqueaderos, ascensores, sistema de bombeo, generador eléctrico de respaldo y equipos eléctricos básicos asociados al uso residencial. El edificio cuenta con 153 luminarias LED en áreas comunes y parqueaderos, además de sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos. Esta condición evidencia que parte del sistema de iluminación común ya incorpora criterios de eficiencia energética.

El edificio cuenta también con dos ascensores, cuya operación representa un consumo relevante dentro de los sistemas generales. Asimismo, el sistema de abastecimiento de agua mediante dos bombas genera consumo eléctrico asociado al bombeo o presurización. El generador eléctrico funciona como sistema de respaldo ante cortes de energía y no se considera un punto de consumo permanente durante la operación normal del edificio, debido a que su uso es eventual.

En cuanto a las unidades habitacionales, se considera que cada departamento cuenta con iluminación interior, cocina de inducción, extractor y equipos eléctricos básicos asociados al uso cotidiano, como lavadora, secadora, refrigeradora y televisión. Estos elementos permiten construir una línea base de consumo residencial estimado, aunque su comportamiento real

dependerá de los hábitos de uso de los ocupantes y de las características específicas de los equipos instalados.

La condición base permite reconocer que el Edificio Carrara no parte de una situación totalmente ineficiente, sino de una configuración mixta. Algunos componentes, como la iluminación LED en áreas comunes, sensores de movimiento e inodoros de doble descarga, ya presentan condiciones favorables. Otros elementos, como duchas convencionales, griferías sin aireadores, iluminación y equipos interiores de unidades privadas, consumos asociados a locales comerciales, bombeo y ascensores, mantienen posibilidades de análisis para determinar si existen mejoras sostenibles técnica y económicamente viables.

Tabla 9. Condición base del Edificio Carrara

Componente	Elemento o sistema	Condición base identificada	Situación frente a eficiencia	Potencial de mejora
Agua potable	Inodoros de departamentos, locales y áreas comunes	Inodoros de doble descarga	Presenta condición eficiente frente a aparatos convencionales	Bajo a medio
Agua potable	Lavamanos	Griferías sin aireadores	Condición convencional	Alto
Agua potable	Duchas de departamentos	Duchas convencionales	Condición convencional	Alto
Agua potable	Cocinas de departamentos	Fregaderos y griferías convencionales	Condición convencional	Medio
Agua potable	Lavanderías	Puntos de agua para lavado y equipos	Condición convencional	Medio
Agua potable	Locales comerciales	Baños con inodoro y lavamanos	Condición convencional parcial	Medio
Agua potable	Áreas comunes	Baños comunes y puntos de agua de apoyo	Condición convencional	Bajo a medio
Agua potable	Limpieza de áreas comunes y parqueaderos	Uso de manguera e hidrolavadora	Condición operativa existente	Medio
Agua potable	Cisterna	Capacidad total de 30 m ³ : 18 m ³ de reserva útil y	Sistema de almacenamiento existente	No aplica como ahorro

		12 m ³ contra incendios		directo de consumo
Agua potable	Sistema de bombeo / hidroneumático	Dos bombas de 2,5 HP a 3,0 HP	Sistema necesario para abastecimiento	Medio
Energía eléctrica	Iluminación de áreas comunes y parqueaderos	153 luminarias LED	Presenta condición eficiente	Bajo a medio
Energía eléctrica	Sensores de movimiento	Sensores en parqueaderos y pasillos	Presenta condición eficiente	Bajo
Energía eléctrica	Iluminación interior de departamentos	Aproximadamente 25 luminarias por departamento	Condición por verificar según tipo de luminaria	Medio
Energía eléctrica	Iluminación de locales comerciales	Aproximadamente 17 luminarias por local	Condición por verificar según tipo de luminaria	Medio
Energía eléctrica	Equipos eléctricos básicos de departamentos	Cocina de inducción, extractor, lavadora, secadora, refrigeradora y TV	Consumo asociado al uso residencial	Medio
Energía eléctrica	Ascensores	Dos ascensores para 12 personas	Sistema general de consumo relevante	Medio
Energía eléctrica	Generador eléctrico	Generador de respaldo de 35 kVA a 45 kVA	Uso eventual ante cortes de energía	Bajo / eventual

Fuente: *Elaboración propia con base en la matriz de puntos de consumo, información disponible del Edificio Carrara y datos levantados para la presente investigación.*

La condición base definida en esta sección servirá como referencia para plantear la condición mejorada. En los siguientes apartados se identificarán las soluciones sostenibles aplicables a los componentes que presentan mayor potencial de mejora, evitando intervenir aquellos elementos que ya cuentan con condiciones eficientes o cuya modificación no representa un beneficio técnico y económico significativo.

4.10 Definición de la condición mejorada del Edificio Carrara

La condición mejorada del Edificio Carrara corresponde al escenario propuesto en el cual se incorporan soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica, tomando como punto de partida la condición base identificada en el apartado anterior. Esta condición no implica una intervención física obligatoria sobre el edificio, sino una propuesta técnica y económica estimada que permite comparar el estado actual con un escenario de mayor eficiencia.

La definición de la condición mejorada se realiza a partir de los puntos de consumo identificados en la matriz correspondiente. Por ello, las soluciones propuestas se concentran en aquellos elementos que presentan mayor incidencia o mayor posibilidad de mejora, evitando incorporar alternativas que no tengan relación directa con los consumos del edificio o que requieran intervenciones complejas fuera del alcance de la investigación.

En el componente de agua potable, la condición mejorada se orienta principalmente a reducir el consumo en lavamanos, duchas, fregaderos, lavanderías y puntos de agua de uso común. Para ello, se consideran soluciones como la incorporación de aireadores, griferías eficientes, duchas ahorradoras, accesorios de control de caudal y medidas operativas para optimizar el uso de agua en limpieza de áreas comunes y parqueaderos. Los inodoros no se consideran como una prioridad de sustitución, debido a que la condición base ya identifica aparatos de doble descarga.

En el componente de energía eléctrica, la condición mejorada se enfoca en la optimización de consumos asociados a iluminación interior, locales comerciales, áreas comunes, sistema de bombeo y operación de sistemas generales. La edificación ya cuenta con luminarias LED en áreas comunes y sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos, por lo que estas condiciones se reconocen como medidas eficientes existentes. En consecuencia, las mejoras energéticas deberán concentrarse en la verificación de luminarias interiores, optimización de horarios de uso, mantenimiento y control de sistemas, equipos eficientes y revisión de consumos asociados a bombas y ascensores.

Si bien existen alternativas sostenibles de mayor alcance, como la incorporación de sistemas fotovoltaicos o la reutilización de aguas lluvias, estas no se consideran como soluciones principales dentro del análisis comparativo de la presente investigación. Su evaluación requeriría información técnica adicional sobre áreas disponibles, condiciones estructurales, redes independientes, almacenamiento, equipos complementarios, costos específicos, mantenimiento y condiciones normativas de aplicación.

El análisis se concentra en soluciones de menor complejidad constructiva y mayor aplicabilidad inmediata, relacionadas con la reducción del consumo de agua potable y energía eléctrica en puntos de uso existentes. Esta delimitación permite mantener la coherencia con el alcance del estudio y desarrollar una comparación técnica y económica más precisa entre la condición base y la condición mejorada.

Tabla 10. Soluciones propuestas para la condición mejorada del Edificio Carrara

Componente	Punto de consumo asociado	Condición base identificada	Solución propuesta para la condición mejorada	Criterio de inclusión
Agua potable	Lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes	Griferías sin aireadores	Incorporación de aireadores o griferías eficientes	Reduce caudal de uso sin modificar redes hidrosanitarias
Agua potable	Duchas de departamentos	Duchas convencionales	Sustitución por duchas ahorradoras	Punto de alto consumo dentro del componente residencial
Agua potable	Cocinas de departamentos	Fregaderos y griferías convencionales	Incorporación de griferías eficientes o aireadores de cocina	Permite reducir consumo en uso cotidiano de cocina
Agua potable	Lavanderías de departamentos	Puntos de agua para lavado y equipos	Recomendación de equipos de lavado eficientes y buenas prácticas de uso	Puede reducir consumo asociado al uso residencial, aunque depende del usuario
Agua potable	Limpieza de áreas comunes y parqueaderos	Uso de manguera e hidrolavadora	Uso controlado de hidrolavadora, pistola de cierre automático y protocolos de limpieza eficiente	Mejora operativa de bajo costo y fácil aplicación
Agua potable	Sistema general de abastecimiento	Cisterna y bombeo existentes	Mantenimiento preventivo, control de fugas y revisión periódica de presión	Reduce pérdidas y mejora la operación del sistema existente

Energía eléctrica	Iluminación interior de departamentos	Luminarias interiores estimadas por departamento	Sustitución o especificación de luminarias LED eficientes, si no estuvieran implementadas	Reduce consumo en unidades habitacionales
Energía eléctrica	Iluminación de locales comerciales	Luminarias interiores y tomacorrientes básicos	Uso de luminarias LED y equipos eficientes según actividad del local	Permite reducir consumo operativo de locales
Energía eléctrica	Iluminación de áreas comunes y parqueaderos	Luminarias LED y sensores existentes	Optimización de horarios, mantenimiento y verificación de sensores	Mantiene y mejora el desempeño de una medida eficiente existente
Energía eléctrica	Sistema de bombeo / hidroneumático	Dos bombas de abastecimiento	Mantenimiento preventivo, control de presión y revisión de operación simultánea	Puede optimizar el consumo eléctrico del sistema de agua
Energía eléctrica	Ascensores	Dos ascensores para 12 personas	Mantenimiento eficiente, control operativo y uso racional del sistema	Permite optimizar la operación sin reemplazar equipos mayores
Energía eléctrica	Equipos eléctricos básicos de departamentos	Equipos asociados al uso residencial	Recomendación de equipos eficientes para refrigeración, lavado, secado y entretenimiento	Mejora dependiente del usuario, útil como medida complementaria

Fuente: *Elaboración propia con base en la condición base del Edificio Carrara, la matriz de puntos de consumo y los criterios metodológicos de la investigación.*

Las soluciones propuestas para la condición mejorada se concentran en elementos de aplicación directa y medible. En agua potable, las medidas se orientan principalmente a la reducción de caudales en puntos de uso, sustitución de duchas convencionales y optimización

de prácticas de limpieza. En energía eléctrica, las medidas se enfocan en iluminación, equipos eficientes, operación de bombas, mantenimiento de ascensores y control de sistemas comunes.

Esta selección permite mantener una relación directa entre los puntos de consumo identificados y las alternativas sostenibles propuestas. Además, evita incorporar soluciones que, aunque puedan ser ambientalmente favorables, excedan el alcance técnico, económico y documental de la investigación. De esta manera, la condición mejorada se construye como un escenario realista, aplicable y comparable frente a la condición base del Edificio Carrara.

La condición mejorada definida en esta sección servirá como base para el siguiente apartado, en el cual se compararán los elementos de la condición base con las soluciones sostenibles propuestas, considerando costos referenciales, ahorro potencial, incidencia presupuestaria y pertinencia de aplicación.

Tabla 11. Comparación entre condición base y condición mejorada del Edificio Carrara

Componente	Punto de consumo	Condición base	Condición mejorada propuesta	Tipo de mejora esperada	Prioridad para análisis
Agua potable	Inodoros de departamentos, locales y áreas comunes	Inodoros de doble descarga	Mantener condición existente	No se plantea sustitución principal, debido a que ya existe una condición eficiente	Baja
Agua potable	Lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes	Griferías sin aireadores	Incorporación de aireadores o griferías eficientes	Reducción de caudal sin modificar redes hidrosanitarias	Alta
Agua potable	Duchas de departamentos	Duchas convencionales	Sustitución por duchas ahorradoras	Reducción del consumo por uso directo en unidades habitacionales	Alta
Agua potable	Fregaderos de cocina	Griferías convencionales	Incorporación de aireadores o griferías eficientes de cocina	Reducción de caudal en uso cotidiano	Alta
Agua potable	Lavanderías de departamentos	Uso convencional de puntos de agua y equipos de lavado	Recomendación de equipos eficientes y buenas prácticas de uso	Reducción dependiente del usuario y del tipo de equipo instalado	Media
Agua potable	Baños de locales comerciales	Inodoro y lavamanos por local	Incorporación de aireadores en lavamanos	Reducción de caudal en uso comercial básico	Media
Agua potable	Baños y puntos de agua de áreas comunes	Puntos de uso convencional	Aireadores, control de caudal y mantenimiento preventivo	Reducción de consumo en usos comunes	Media

Agua potable	Limpieza de áreas comunes y parqueaderos	Uso de manguera e hidrolavadora	Uso controlado de hidrolavadora, pistola de cierre automático y protocolo de limpieza eficiente	Reducción de desperdicio por operación	Media
Agua potable	Cisterna y sistema de abastecimiento	Cisterna de 30 m ³ y sistema de bombeo existente	Mantenimiento preventivo, control de fugas y revisión de presión	Optimización operativa y reducción de pérdidas	Media
Energía eléctrica	Iluminación interior de departamentos	Aproximadamente 25 luminarias por departamento	Uso o sustitución por luminarias LED eficientes, según verificación	Reducción de consumo eléctrico en unidades privadas	Alta
Energía eléctrica	Equipos eléctricos básicos de departamentos	Cocina de inducción, extractor, lavadora, secadora, refrigeradora y TV	Recomendación de equipos eficientes y buenas prácticas de uso	Reducción dependiente del usuario y del tipo de equipo	Media
Energía eléctrica	Iluminación de locales comerciales	Aproximadamente 17 luminarias por local	Uso de luminarias LED eficientes y control de encendido	Reducción de consumo operativo de locales	Media
Energía eléctrica	Tomacorrientes y equipos de locales comerciales	Equipos definidos por cada arrendatario	Recomendación de equipos eficientes según actividad	Mejora dependiente del tipo de local y del usuario	Media
Energía eléctrica	Iluminación de áreas comunes y parqueaderos	153 luminarias LED y sensores en parqueaderos y pasillos	Mantener, verificar y optimizar horarios/sensores	Conservación de medida eficiente existente	Baja a media
Energía eléctrica	Ascensores	Dos ascensores para 12 personas	Mantenimiento eficiente y uso racional del sistema	Optimización operativa sin sustitución de equipos mayores	Media
Energía eléctrica	Sistema de bombeo / hidroneumático	Dos bombas funcionando simultáneamente	Revisión de operación, presión, mantenimiento y alternancia si aplica	Optimización del consumo eléctrico asociado al abastecimiento	Alta
Energía eléctrica	Generador eléctrico de respaldo	Generador de 35 kVA a 45 kVA, uso eventual	Mantener como respaldo, con mantenimiento preventivo	No se considera consumo permanente de operación	Baja

Fuente: *Elaboración propia con base en la condición base, la condición mejorada y la matriz de puntos de consumo del Edificio Carrara.*

La comparación evidencia que las soluciones con mayor prioridad para el análisis se concentran en los elementos que combinan alta frecuencia de uso y posibilidad de mejora directa. En el caso del agua potable, los lavamanos, duchas y fregaderos de cocina presentan alta prioridad, debido a que se relacionan con consumos repetitivos dentro de las unidades habitacionales y pueden ser mejorados mediante soluciones de baja complejidad, como aireadores, griferías eficientes o duchas ahorradoras.

En el caso de la energía eléctrica, la iluminación interior de departamentos, la iluminación de locales comerciales y el sistema de bombeo presentan condiciones relevantes para el análisis. La iluminación interior puede representar un campo de mejora si se verifica que no todas las luminarias son eficientes. En los locales comerciales, el ahorro dependerá del tipo de luminarias y del uso operativo de cada local. En el sistema de bombeo, la posibilidad de mejora se relaciona con la operación, mantenimiento, presión de trabajo y control del sistema.

También se observa que algunos componentes ya incorporan medidas de eficiencia, por lo que no deben ser tratados como prioridades de sustitución. Este es el caso de los inodoros de doble descarga, las luminarias LED en áreas comunes y los sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos. En estos casos, la condición mejorada se orienta más a mantener, verificar u optimizar la operación que a reemplazar los elementos existentes.

Por otra parte, existen elementos cuyo análisis depende en gran medida del comportamiento de los usuarios, como los equipos eléctricos de departamentos, lavadoras, secadoras, refrigeradoras, televisores y equipos instalados por los arrendatarios en los locales comerciales. Estas medidas pueden formar parte de recomendaciones complementarias, pero su incorporación dentro del análisis económico principal deberá manejarse con cautela, debido a que no dependen únicamente de decisiones constructivas o administrativas del edificio.

En resumen, la comparación entre la condición base y la condición mejorada permite delimitar las soluciones sostenibles que serán evaluadas en los siguientes apartados. Las medidas con mayor pertinencia para el análisis corresponden a aireadores y griferías eficientes, duchas ahorradoras, optimización de puntos de agua, iluminación eficiente en espacios privados y comerciales, operación eficiente del sistema de bombeo y mantenimiento de sistemas generales. Esta delimitación permite avanzar hacia la evaluación de costos, ahorro potencial, incidencia presupuestaria y viabilidad técnica y económica de cada solución seleccionada.

4.11 Parámetros de costos, consumos y ahorro estimado

Para desarrollar la comparación económica entre la condición base y la condición mejorada del Edificio Carrara, se establecen parámetros de cálculo relacionados con consumos, tarifas, costos referenciales y criterios de ahorro. Estos parámetros permiten estimar el efecto de las soluciones sostenibles propuestas sobre el consumo de agua potable y energía eléctrica, así como valorar su posible incidencia económica.

Los valores considerados en este apartado no corresponden a consumos facturados reales del edificio, debido a que no se dispone de planillas completas de agua potable ni energía eléctrica. Por tanto, el análisis se desarrolla mediante una estimación técnica preliminar, sustentada en los datos levantados del edificio, parámetros referenciales verificables y tarifas aplicables al contexto local. En caso de contar posteriormente con planillas reales, los valores podrán ser ajustados para mejorar la precisión del análisis.

En el componente de agua potable, se utilizarán como base los consumos estimados en la matriz de puntos de consumo. Para calcular el ahorro potencial, se comparará el consumo de la condición base con el consumo estimado de la condición mejorada, considerando la incorporación de aireadores, griferías eficientes, duchas ahorradoras y medidas de control operativo. Como referencia técnica, se consideran criterios de eficiencia hídrica para aparatos de bajo consumo, como griferías de lavamanos con caudales de hasta 1,5 gal/min, duchas eficientes de hasta 2,0 gal/min e inodoros eficientes de hasta 1,28 gal/descarga (U.S. Environmental Protection Agency, s. f.).

En el caso de Cuenca, las tarifas de agua potable de ETAPA EP varían según la categoría del usuario y el rango de consumo. Además, el costo del servicio de alcantarillado equivale al 50% del valor facturado por el servicio de agua potable. Por esta razón, el ahorro económico asociado al agua potable deberá considerar no solo el menor consumo de agua, sino también la disminución proporcional del valor de alcantarillado (ETAPA EP, 2024).

En el componente de energía eléctrica, el consumo se estimará en kilovatios-hora, a partir de la potencia de los equipos o luminarias y el tiempo de uso. Para la condición base se utilizarán los consumos estimados en la matriz de puntos de consumo, mientras que para la condición mejorada se considerarán alternativas de menor consumo, optimización operativa o mantenimiento eficiente, según el tipo de sistema. El ahorro potencial se determinará mediante la diferencia entre el consumo base y el consumo mejorado.

Para las tarifas eléctricas se considerará el pliego tarifario vigente del servicio público de energía eléctrica. Debido a que el Edificio Carrara cuenta con medidores independientes por departamento y locales, y un medidor independiente para áreas comunes, el análisis deberá diferenciar los consumos residenciales, comerciales y comunes cuando sea necesario (ARCONEL, 2026).

Tabla 12. *Parámetros generales para el análisis de costos, consumos y ahorro estimado*

Parámetro	Unidad	Valor o criterio referencial	Aplicación en el análisis	Fuente o criterio de respaldo
Consumo base de agua potable	L/día o m³/mes	Según matriz de puntos de consumo	Determinar consumo actual estimado	Matriz de puntos de

				consumo del Edificio Carrara
Consumo mejorado de agua potable	L/día o m³/mes	Según solución eficiente propuesta	Estimar reducción de consumo	Cálculo comparativo base-mejorado
Ahorro de agua potable	L/día o m³/mes	Consumo base menos consumo mejorado	Determinar ahorro físico del recurso	Fórmula de ahorro
Tarifa residencial de agua potable	USD/m³	Según rango de consumo residencial aplicable	Estimar ahorro económico en departamentos	Tarifa ETAPA EP vigente
Tarifa comercial de agua potable	USD/m³	Según rango de consumo comercial aplicable	Estimar ahorro económico en locales comerciales	Tarifa ETAPA EP vigente
Alcantarillado	% del valor de agua potable	50% del valor del servicio de agua potable	Incorporar impacto económico asociado al ahorro de agua	ETAPA EP
Inodoro eficiente	L/descarga	4,8 L/descarga	Referencia de aparato eficiente; no se prioriza sustitución porque la condición base ya tiene doble descarga	Parámetro técnico referencial
Grifería o aireador eficiente de lavamanos	L/min	5,7 L/min	Estimar ahorro frente a griferías sin aireador	Parámetro técnico referencial
Ducha eficiente	L/min	7,6 L/min	Comparar frente a ducha convencional	Parámetro técnico referencial
Consumo base de energía eléctrica	kWh/día o kWh/mes	Según matriz de puntos de consumo	Determinar consumo	Matriz de puntos de

			eléctrico actual estimado	consumo del Edificio Carrara
Consumo mejorado de energía eléctrica	kWh/día o kWh/mes	Según solución eficiente propuesta	Estimar reducción de consumo eléctrico	Cálculo comparativo base-mejorado
Ahorro de energía eléctrica	kWh/día o kWh/mes	Consumo base menos consumo mejorado	Determinar ahorro físico de energía	Fórmula de ahorro
Tarifa residencial de energía eléctrica	USD/kWh	Según rango de consumo residencial aplicable	Estimar ahorro económico en departamentos	Pliego tarifario ARCONEL vigente
Tarifa comercial o general de energía eléctrica	USD/kWh	Según categoría y rango aplicable	Estimar ahorro económico en locales o áreas comunes	Pliego tarifario ARCONEL vigente
Costo de implementación	USD	Según cotización, proveedor o valor referencial	Determinar inversión necesaria	Cotizaciones, catálogos o precios de mercado
Ahorro económico mensual	USD/mes	Ahorro físico mensual x tarifa aplicable	Medir beneficio económico mensual	Cálculo del estudio
Periodo simple de recuperación	Meses	Costo de implementación / ahorro mensual	Estimar tiempo de recuperación de la inversión	Cálculo del estudio

Fuente: *Elaboración propia con base en la matriz de puntos de consumo del Edificio Carrara, tarifas locales de servicios básicos de ETAPA EP y ARCONEL, parámetros técnicos referenciales y criterios metodológicos de la investigación.*

Para el cálculo de ahorros se utilizarán las siguientes expresiones generales:

Tabla 13. *Expresiones de cálculo para ahorro e incidencia económica*

Indicador	Expresión de cálculo	Interpretación
Ahorro físico de agua potable	Consumo base de agua - consumo mejorado de agua	Determina la reducción estimada en L/día o m³/mes

Ahorro económico en agua potable	Ahorro mensual de agua x tarifa aplicable	Determina el ahorro económico mensual asociado al menor consumo
Ahorro económico total en agua potable	Ahorro económico de agua potable + ahorro asociado a alcantarillado	Incorpora el efecto económico del menor consumo de agua y del menor valor por alcantarillado
Ahorro físico de energía eléctrica	Consumo base de energía - consumo mejorado de energía	Determina la reducción estimada en kWh/día o kWh/mes
Ahorro económico en energía eléctrica	Ahorro mensual de energía x tarifa aplicable	Determina el ahorro económico mensual asociado al menor consumo eléctrico
Costo incremental	Costo de solución mejorada - costo de solución base	Determina la inversión adicional requerida
Incidencia presupuestaria	Costo de implementación / presupuesto o rubro de referencia x 100	Permite conocer el peso relativo de la solución dentro del costo considerado
Periodo simple de recuperación	Costo incremental / ahorro económico mensual	Estima el tiempo necesario para recuperar la inversión adicional

Fuente: *Elaboración propia con base en la metodología de análisis comparativo entre condición base y condición mejorada, tarifas locales de servicios básicos, costos referenciales de implementación y criterios de evaluación económica aplicados en la investigación.*

Adicionalmente, se definen costos referenciales de implementación para las soluciones sostenibles consideradas en la condición mejorada. Estos valores servirán como base para la comparación económica posterior, en la cual se estimará el costo de aplicación de cada medida, el ahorro potencial y el periodo simple de recuperación cuando corresponda.

Tabla 14. *Costos referenciales de soluciones sostenibles propuestas para el Edificio Carrara*

Componente	Solución sostenible propuesta	Unidad de análisis	Cantidad referencial	Costo unitario referencial (USD)	Costo total referencial (USD)	Criterio de ahorro esperado	Aplicación en el análisis
Agua potable	Aireadores en lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes	Unidad	72	6,78	488,16	Reducción de caudal en lavamanos sin modificar	Análisis principal

						redes hidrosanitarias	
Agua potable	Aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina	Unidad	20	6,78	135,6	Reducción de caudal en uso cotidiano de cocina	Análisis principal
Agua potable	Duchas ahorradoras o restrictor de caudal para duchas	Unidad	44	18	792	Reducción del consumo por ducha frente a ducha convencional	Análisis principal
Agua potable	Pistola de cierre automático para manguera de limpieza	Unidad	4	15	60	Reducción de desperdicio durante limpieza de áreas comunes y parqueaderos	Análisis complementario
Agua potable	Revisión de fugas y control operativo del sistema de abastecimiento	Global	1	100	100	Reducción de pérdidas no visibles y mejora operativa	Análisis complementario
Energía eléctrica	Sustitución o verificación de luminarias LED en departamentos	Unidad	500	2,42	1.210,00	Reducción de consumo eléctrico en iluminación interior, si se verifica que no son LED	Análisis condicionado
Energía eléctrica	Sustitución o verificación de luminarias LED en locales comerciales	Unidad	102	4	408	Reducción de consumo eléctrico en locales, si se verifica que no son LED	Análisis condicionado
Energía eléctrica	Optimización de sensores y horarios en áreas comunes	Global	1	100	100	Ajuste de operación de luminarias LED y sensores existentes	Análisis complementario
Energía eléctrica	Mantenimiento preventivo y revisión de presión del	Global	1	200	200	Optimización del funcionamiento de las bombas y reducción de	Análisis complementario

	sistema de bombeo					operación innecesaria	
Energía eléctrica	Recomendación de equipos eficientes en departamentos	No cuantificable desde administración	No aplica	No aplica	No aplica	Reducción dependiente del usuario y del tipo de equipo instalado	Recomendación complementaria
Energía eléctrica	Recomendación de equipos eficientes en locales comerciales	No cuantificable desde administración	No aplica	No aplica	No aplica	Reducción dependiente del arrendatario y actividad comercial	Recomendación complementaria
Energía eléctrica	Mantenimiento eficiente de ascensores	Global	1	Por cotizar	Por cotizar	Optimización operativa sin sustitución de equipos mayores	Análisis cualitativo
Energía eléctrica	Generador eléctrico de respaldo	No intervención	No aplica	No aplica	No aplica	No se considera consumo permanente por su uso eventual	No priorizado

Fuente: *Elaboración propia con base en la matriz de puntos de consumo del Edificio Carrara, precios referenciales de mercado, catálogos de proveedores y parámetros técnicos de eficiencia hídrica y energética.*

La tabla de costos referenciales permite identificar que las soluciones de menor complejidad y aplicación directa corresponden a aireadores, duchas ahorradoras, dispositivos de control de caudal y medidas de optimización operativa. Estas alternativas presentan una ventaja metodológica, debido a que pueden relacionarse directamente con puntos de consumo identificados en la matriz previa y permiten estimar ahorro potencial sin requerir modificaciones mayores en la infraestructura del edificio.

En el componente de agua potable, las soluciones con mayor posibilidad de análisis cuantitativo son los aireadores en lavamanos, los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina y las duchas ahorradoras. Estas medidas actúan directamente sobre los puntos de consumo de mayor frecuencia y no requieren cambios estructurales ni redes independientes. Por esta razón, serán consideradas dentro del análisis económico principal.

En el componente de energía eléctrica, las soluciones relacionadas con luminarias interiores de departamentos y locales comerciales deben manejarse con cautela, debido a que primero se requiere verificar si las luminarias existentes ya son LED. En caso de que ya exista iluminación eficiente, no correspondería plantear una sustitución como mejora principal. En cambio, si se identifican luminarias convencionales, la sustitución por luminarias LED podrá formar parte del análisis comparativo.

Las medidas relacionadas con sensores, horarios de encendido, mantenimiento del sistema de bombeo y mantenimiento de ascensores se consideran como soluciones complementarias de optimización operativa. Estas medidas pueden generar beneficios en el funcionamiento del edificio, pero su ahorro dependerá de condiciones específicas de operación, por lo que su análisis podrá ser principalmente cualitativo o referencial.

Los costos referenciales definidos en esta sección constituyen la base para el análisis económico posterior. En el siguiente apartado, estos valores serán utilizados para comparar la condición base con la condición mejorada, estimando el costo de implementación de cada solución, el ahorro físico esperado, el ahorro económico mensual y el periodo simple de recuperación cuando la información disponible lo permita.

4.12 Comparación económica entre condición base y condición mejorada

Una vez definidos los parámetros de costos, consumos y ahorro estimado, se procede a comparar económicamente la condición base y la condición mejorada del Edificio Carrara. Esta comparación permite estimar el efecto económico preliminar de las soluciones sostenibles seleccionadas, considerando el costo de implementación, el ahorro físico mensual, el ahorro económico mensual y el periodo simple de recuperación.

Debido a que las planillas individuales de consumo de agua potable y energía eléctrica contienen información privada de los propietarios, arrendatarios y usuarios del edificio, no fue posible acceder de manera directa a la totalidad de facturas individuales. Sin embargo, la administración del Edificio Carrara proporcionó información promedio referencial correspondiente a un departamento tipo, un local comercial y los medidores de áreas comunes.

Esta información se utiliza exclusivamente con fines académicos y comparativos, sin identificar propietarios, usuarios, números de cuenta, direcciones específicas ni datos personales. A partir de estos valores se calculan tarifas efectivas de análisis, entendidas como la relación entre el valor mensual pagado y el consumo mensual reportado para cada tipo de usuario o medidor.

La tarifa efectiva se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{- Tarifa efectiva} = \text{Valor mensual pagado} / \text{Consumo mensual reportado}$$

En el caso del agua potable, se utiliza el valor mensual pagado reportado por la administración, por lo que no se adiciona un valor independiente por alcantarillado, a fin de

evitar duplicar rubros que podrían estar incluidos dentro de la planilla mensual. En el caso de la energía eléctrica, se adopta el mismo criterio, utilizando el valor mensual pagado y el consumo mensual en kWh reportado para cada tipo de consumo.

Tabla 15. *Consumos y valores mensuales referenciales obtenidos para el análisis económico*

Servicio	Tipo de consumo	Consumo mensual	Valor mensual pagado (USD)	Tarifa efectiva de análisis	Mes o periodo
Agua potable	Departamento tipo	20 m ³	12,04	0,602 USD/m ³	1 mes
Agua potable	Local comercial tipo	5 m ³	10,5	2,100 USD/m ³	1 mes
Agua potable	Áreas comunes	34 m ³	25,72	0,756 USD/m ³	1 mes
Energía eléctrica	Departamento tipo	102 kWh	12,32	0,121 USD/kWh	1 mes
Energía eléctrica	Local comercial tipo	138 kWh	21,33	0,155 USD/kWh	1 mes
Energía eléctrica	Áreas comunes	375 kWh	56,45	0,151 USD/kWh	1 mes

Fuente: *Elaboración propia con base en información del Edificio Carrara.*

Los valores corresponden a información promedio referencial utilizada para fines académicos y comparativos. No se identifican propietarios, arrendatarios, usuarios, números de cuenta ni datos personales al ser información sensible. Las tarifas efectivas fueron calculadas a partir de la relación entre el valor mensual pagado y el consumo mensual reportado para cada tipo de medidor o usuario.

Los valores obtenidos permiten diferenciar el comportamiento económico del consumo según el tipo de usuario. En agua potable, la tarifa efectiva del departamento tipo es de 0,602 USD/m³, mientras que el local comercial presenta una tarifa efectiva de 2,100 USD/m³ y las áreas comunes una tarifa efectiva de 0,756 USD/m³. Esta diferencia responde a la naturaleza del consumo, la categoría del usuario, el rango de consumo y los cargos asociados a cada medidor.

En energía eléctrica, la tarifa efectiva del departamento tipo es de 0,121 USD/kWh, la del local comercial es de 0,155 USD/kWh y la de áreas comunes es de 0,151 USD/kWh. Estos valores permiten transformar los ahorros físicos estimados en ahorros económicos mensuales, manteniendo una relación directa con la información obtenida del caso de estudio.

Para la comparación económica, se consideran las soluciones sostenibles previamente seleccionadas en la condición mejorada. Las medidas de agua potable se analizan con mayor precisión debido a que sus ahorros pueden relacionarse directamente con caudales, frecuencias de uso y número de aparatos. En cambio, algunas medidas de energía eléctrica se mantienen condicionadas a la verificación del tipo de luminaria o equipo existente, debido a que solo tendría sentido sustituirlos si actualmente no corresponden a tecnologías eficientes.

Tabla 16. Comparación económica preliminar entre condición base y condición mejorada

Solución sostenible	Componente	Ámbito de aplicación	Costo de implementación (USD)	Ahorro físico mensual estimado	Tarifa efectiva aplicada	Ahorro económico mensual estimado (USD/mes)	Periodo simple de recuperación	Resultado económico preliminar
Aireadores en lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes	Agua potable	Departamentos, locales y áreas comunes	488,16	9,50 m³/mes	Tarifa diferenciada según tipo de consumo	7,99	61,1 meses	Medida técnicamente simple, de recuperación media-larga
Aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina	Agua potable	Departamentos	135,6	14,40 m³/mes	0,602 USD/m³	8,67	15,6 meses	Medida favorable por bajo costo y uso frecuente
Duchas ahorradoras o restrictores de caudal	Agua potable	Departamentos	792	37,39 m³/mes	0,602 USD/m³	22,51	35,2 meses	Medida favorable por alto ahorro físico
Pistolas de cierre	Agua potable	Áreas comunes	60	1,70 m³/mes	0,756 USD/m³	1,29	46,7 meses	Medida complementaria de bajo costo

automático para limpieza								
Revisión de fugas y control operativo del sistema de abastecimiento	Agua potable	Áreas comunes y sistema general	100	1,02 m³/mes	0,756 USD/m³	0,77	129,6 meses	Medida preventiva; beneficio económico bajo pero operativamente recomendable
Sustitución o verificación de luminarias LED en departamentos	Energía eléctrica	Departamentos	1.210,00	540,00 kWh/mes	0,121 USD/kWh	65,22	18,6 meses	Medida favorable si se verifica que las luminarias actuales no son LED
Sustitución o verificación de luminarias LED en locales comerciales	Energía eléctrica	Locales comerciales	408	424,90 kWh/mes	0,155 USD/kWh	65,67	6,2 meses	Medida altamente favorable si se verifica que las luminarias actuales no son LED

Optimización de sensores y horarios en áreas comunes	Energía eléctrica	Áreas comunes	100	37,50 kWh/mes	0,151 USD/kWh	5,65	17,7 meses	Medida favorable como optimización operativa
Mantenimiento preventivo y revisión del sistema de bombeo	Energía eléctrica	Sistema de bombeo	200	14,77 kWh/mes	0,151 USD/kWh	2,22	90,0 meses	Medida complementaria; más importante por operación y mantenimiento que por ahorro directo

Fuente: *Elaboración propia con base en información promedio proporcionada por la administración del Edificio Carrara, matriz de puntos de consumo, condición base, condición mejorada y costos referenciales de soluciones sostenibles.*

Los periodos simples de recuperación son preliminares y se calculan dividiendo el costo de implementación para el ahorro económico mensual estimado. Las medidas de iluminación en departamentos y locales comerciales quedan condicionadas a verificar si las luminarias existentes son o no LED. En caso de que ya exista iluminación LED, la sustitución no debe considerarse como medida principal de ahorro.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las soluciones de agua potable presentan una aplicación directa y técnicamente factible. Las duchas ahorradoras generan el mayor ahorro físico mensual, con una reducción estimada de 37,39 m³/mes. Aunque su costo de implementación es superior al de los aireadores, su ahorro mensual estimado permite obtener un periodo simple de recuperación de aproximadamente 35,2 meses.

Los aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina presentan un resultado económico favorable, debido a su bajo costo de implementación y a la frecuencia de uso en los departamentos. Esta medida alcanza un ahorro económico mensual estimado de 8,67 USD/mes y un periodo simple de recuperación de aproximadamente 15,6 meses, por lo que constituye una alternativa de baja complejidad y buena relación costo-beneficio.

Los aireadores en lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes tienen un costo total mayor debido al número de puntos de instalación. Su ahorro económico mensual estimado es de 7,99 USD/mes, con un periodo simple de recuperación de 61,1 meses. Aunque su recuperación económica es más lenta, la medida mantiene una alta viabilidad técnica debido a que no requiere modificaciones en redes hidrosanitarias ni intervenciones constructivas complejas.

Las medidas de control operativo en limpieza y revisión de fugas presentan ahorros económicos menores. Sin embargo, su aplicación puede ser recomendable como parte de una estrategia de gestión del consumo, mantenimiento preventivo y reducción de desperdicios. Estas medidas no deben evaluarse únicamente por su periodo de recuperación, sino también por su contribución al uso responsable del agua y al control operativo del edificio.

En el componente de energía eléctrica, las medidas de iluminación muestran resultados potencialmente favorables, pero se encuentran condicionadas a la verificación del tipo de luminaria existente. Si se confirma que los departamentos o locales comerciales aún cuentan con luminarias convencionales, la sustitución por tecnología LED tendría una recuperación económica atractiva, especialmente en locales comerciales, donde el periodo simple de recuperación preliminar es de aproximadamente 6,2 meses.

La optimización de sensores y horarios en áreas comunes también presenta un comportamiento favorable, con una recuperación preliminar de 17,7 meses. Esta medida resulta coherente con la condición actual del edificio, debido a que ya existen luminarias LED y sensores en determinadas áreas, por lo que la mejora se orientaría principalmente a la regulación de horarios, revisión de funcionamiento y control operativo.

El mantenimiento preventivo del sistema de bombeo y de ascensores se considera una medida complementaria. Aunque el ahorro económico directo puede ser bajo o no cuantificable con precisión, su importancia radica en garantizar el funcionamiento adecuado de sistemas esenciales del edificio, reducir consumos innecesarios y prevenir fallas operativas.

La comparación económica preliminar permite identificar que las soluciones con mejor relación entre costo, ahorro y facilidad de implementación son los aireadores en fregaderos de cocina, las duchas ahorradoras, la optimización de sensores y horarios en áreas comunes y la sustitución de luminarias en locales comerciales, siempre que se verifique que actualmente no son LED. Estas alternativas serán retomadas en el siguiente apartado para la evaluación de viabilidad técnica y económica, considerando no solo el periodo de recuperación, sino también la facilidad de implementación, la pertinencia técnica, el impacto sobre el consumo y la aplicabilidad dentro del Edificio Carrara.

4.13 Evaluación de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles

A partir de la comparación económica desarrollada en el apartado anterior, se procede a evaluar la viabilidad técnica y económica de las soluciones sostenibles propuestas para el Edificio Carrara. Esta evaluación considera la facilidad de implementación, el nivel de intervención requerido, el costo referencial, el ahorro potencial, el periodo simple de recuperación y la pertinencia de aplicación dentro del edificio.

La evaluación no se limita únicamente al menor periodo de recuperación económica, debido a que algunas soluciones pueden presentar beneficios operativos, preventivos o de gestión del consumo, aun cuando su ahorro monetario directo sea menor. Por esta razón, la viabilidad final se determina mediante una lectura integral entre criterios técnicos y económicos.

Para efectos del presente análisis, se adoptan los siguientes criterios generales:

- Viabilidad alta: soluciones de baja o mediana complejidad técnica, aplicables sin modificaciones mayores, con ahorro físico identificable y periodo de recuperación favorable o razonable.
- Viabilidad media: soluciones técnicamente aplicables, pero con ahorro económico moderado, recuperación más extensa o dependencia de condiciones operativas.
- Viabilidad baja: soluciones con bajo ahorro económico, recuperación extensa o limitada justificación dentro del alcance del estudio.
- Viabilidad condicionada: soluciones que podrían ser favorables, pero dependen de verificar previamente una condición específica, como el tipo de luminaria o equipo actualmente instalado.

En los casos en que no se dispone de presupuesto general de obra o presupuesto actualizado del edificio, la incidencia presupuestaria se interpreta de manera referencial, en función del costo relativo de cada solución dentro del conjunto de medidas cuantificadas.

Tabla 17. Matriz de evaluación de viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles

Solución sostenible	Componente	Punto de consumo asociado	Tipo de espacio o sistema	Viabilidad técnica	Costo de implementación (USD)	Costo adicional frente a condición base (USD)	Ahorro potencial	Incidencia presupuestaria referencial	Periodo simple de recuperación	Fuente del dato	Viabilidad final
Aireadores en lavamanos de departamentos, locales y áreas comunes	Agua potable	Lavamanos	Departamentos, locales y áreas comunes	Alta: instalación simple, sin modificación de redes	\$488,16	\$488,16	9,50 m ³ /mes; 7,99 USD/mes	Media	61,1 meses	Matriz de consumo, costos referenciales	Media
Aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina	Agua potable	Fregaderos de cocina	Departamentos	Alta: instalación simple y bajo costo unitario	\$135,60	\$135,60	14,40 m ³ /mes; 8,67 USD/mes	Baja	15,6 meses	Matriz de consumo, costos referenciales	Alta
Duchas ahorradoras o restrictores de caudal	Agua potable	Duchas	Departamentos	Alta: sustitución directa de accesorios	\$792,00	\$792,00	37,39 m ³ /mes; 22,51 USD/mes	Media	35,2 meses	Matriz de consumo, costos referenciales	Alta
Pistolas de cierre automático para limpieza	Agua potable	Puntos de limpieza	Áreas comunes y parqueaderos	Alta: medida operativa de muy baja complejidad	\$60,00	\$60,00	1,70 m ³ /mes; 1,29 USD/mes	Baja	46,7 meses	Matriz de consumo y costos referenciales	Media
Revisión de fugas y control operativo del sistema de abastecimiento	Agua potable	Sistema de abastecimiento	Cisterna, bombeo y redes internas	Alta: acción preventiva y operativa	\$100,00	\$100,00	1,02 m ³ /mes; 0,77 USD/mes	Baja	129,6 meses	Criterio técnico operativo y costos referenciales	Media

Sustitución o verificación de luminarias LED en departamentos	Energía eléctrica	Iluminación interior	Departamentos	Media-alta: depende de verificar luminarias existentes	\$1.210,00	\$1.210,00	540,00 kWh/mes; 65,22 USD/mes	Alta	18,6 meses	Matriz de consumo, costos referenciales	Alta condicionada
Sustitución o verificación de luminarias LED en locales comerciales	Energía eléctrica	Iluminación interior	Locales comerciales	Media-alta: depende de verificar luminarias existentes	\$408,00	\$408,00	424,90 kWh/mes; 65,67 USD/mes	Media	6,2 meses	Matriz de consumo, costos referenciales	Alta condicionada
Optimización de sensores y horarios en áreas comunes	Energía eléctrica	Iluminación común	Parqueaderos, pasillos, lobby y accesos	Alta: no requiere sustitución mayor, sino regulación operativa	\$100,00	\$100,00	37,50 kWh/mes; 5,65 USD/mes	Baja	17,7 meses	Matriz de consumo, condición base y datos de administración	Alta
Mantenimiento preventivo y revisión del sistema de bombeo	Energía eléctrica	Bombas e hidroneumático	Sistema de abastecimiento de agua	Alta: mejora operativa sin cambio de sistema	\$200,00	\$200,00	14,77 kWh/mes; 2,22 USD/mes	Baja	90,0 meses	Matriz de consumo, costos referenciales y criterio técnico	Media
Mantenimiento eficiente de ascensores	Energía eléctrica	Ascensores	Circulación vertical	Media: requiere revisión técnica especializada	Por cotizar	No determinado	No cuantificado	No determinada	No determinado	Condición base y criterio técnico operativo	Media condicionada

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de puntos de consumo, condición base, condición mejorada, costos referenciales, información promedio proporcionada por la administración del Edificio Carrara y comparación económica preliminar.

La viabilidad final no representa únicamente el menor tiempo de recuperación económica. También considera la facilidad de implementación, la necesidad o no de modificar redes o sistemas existentes, la relación con los principales puntos de consumo y la pertinencia de aplicación dentro del edificio. Las medidas de iluminación en departamentos y locales comerciales se consideran condicionadas, debido a que solo serían plenamente justificables si se verifica que las luminarias existentes no corresponden a tecnología LED.

De acuerdo con la matriz de evaluación, las soluciones con mayor viabilidad para el componente de agua potable son los aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina y las duchas ahorradoras. Ambas medidas presentan una alta factibilidad técnica, no requieren modificaciones en las redes hidrosanitarias principales y se relacionan con puntos de consumo frecuente dentro de las unidades habitacionales.

Los aireadores en fregaderos de cocina presentan una viabilidad alta debido a su bajo costo de implementación, facilidad de instalación y periodo simple de recuperación estimado en 15,6 meses. Esta solución resulta especialmente pertinente porque actúa sobre un punto de consumo cotidiano en los departamentos y puede aplicarse sin alterar la infraestructura existente.

Las duchas ahorradoras también presentan viabilidad alta, principalmente por su mayor ahorro físico de agua. Aunque su costo de implementación es superior al de otras medidas, el volumen de ahorro estimado justifica su incorporación dentro del conjunto de soluciones prioritarias. Además, al tratarse de accesorios de sustitución directa, su aplicación no implica obras civiles ni rediseño de instalaciones.

Los aireadores en lavamanos presentan viabilidad media. Si bien su implementación es técnicamente sencilla, el periodo de recuperación es más amplio debido a que el ahorro económico mensual es menor en relación con el costo total de instalación. No obstante, esta solución mantiene pertinencia dentro del estudio porque contribuye a una reducción distribuida del consumo de agua en departamentos, locales comerciales y áreas comunes.

Las medidas de control operativo, como pistolas de cierre automático para limpieza y revisión de fugas, presentan viabilidad media. Su ahorro económico directo es limitado, pero su implementación es recomendable como parte de una estrategia de administración eficiente del edificio. Estas medidas fortalecen el control del consumo, reducen desperdicios y permiten mejorar las prácticas de operación y mantenimiento.

En el componente de energía eléctrica, la sustitución de luminarias en departamentos y locales comerciales muestra resultados económicos favorables; sin embargo, su viabilidad final queda condicionada a la verificación del tipo de luminaria existente. Si se confirma que las luminarias actuales son convencionales, la sustitución por tecnología LED tendría una viabilidad alta, especialmente en locales comerciales, donde el periodo de recuperación estimado es menor. Por el contrario, si se verifica que las luminarias ya son LED, la medida no debería considerarse como solución principal de ahorro.

La optimización de sensores y horarios en áreas comunes presenta viabilidad alta, debido a que requiere una inversión baja, no demanda modificaciones mayores y aprovecha sistemas ya existentes en el edificio. Esta solución se orienta a mejorar la operación de luminarias y sensores, especialmente en parqueaderos, pasillos, lobby y accesos.

El mantenimiento preventivo del sistema de bombeo presenta viabilidad media. Su ahorro económico estimado es reducido, pero la medida es técnicamente pertinente debido a la importancia del sistema de abastecimiento de agua en un edificio de seis pisos. La revisión de presión, alternancia de bombas y mantenimiento periódico puede evitar consumos innecesarios, reducir fallas y mejorar la eficiencia operativa.

El mantenimiento eficiente de ascensores se clasifica como una medida condicionada, debido a que no se cuenta con un costo específico ni con una estimación directa de ahorro. Sin embargo, se mantiene dentro del análisis por tratarse de un sistema relevante en el consumo eléctrico común y en la operación diaria del edificio. Su evaluación deberá realizarse mediante revisión técnica especializada.

Las soluciones con mayor viabilidad técnica y económica para el Edificio Carrara son: aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina, duchas ahorradoras, optimización de sensores y horarios en áreas comunes, y sustitución de luminarias en locales comerciales y departamentos, siempre que se verifique previamente que las luminarias existentes no son LED. Como medidas complementarias se consideran los aireadores en lavamanos, el control de limpieza, la revisión de fugas y el mantenimiento del sistema de bombeo.

4.14 Síntesis de resultados del análisis del Edificio Carrara

El análisis desarrollado en el presente capítulo permitió caracterizar el Edificio Carrara como caso de estudio para evaluar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica. La selección del caso respondió a criterios de ubicación, uso residencial-comercial, número de pisos, número de unidades, disponibilidad de información arquitectónica y potencial de aplicación de soluciones sostenibles.

El edificio analizado corresponde a una edificación existente de uso vivienda-comercio, conformada por departamentos, locales comerciales, parqueaderos, áreas comunes, sistemas de abastecimiento de agua, sistema de bombeo, ascensores, iluminación común y generador eléctrico de respaldo. Esta configuración permitió identificar distintos puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica, tanto en unidades privadas como en áreas comunes.

A partir de la matriz de puntos de consumo, se estimó que los principales consumos de agua potable se concentran en duchas, fregaderos de cocina, lavamanos, inodoros y lavanderías de los departamentos. En el caso de energía eléctrica, los consumos relevantes se relacionan

con iluminación interior, equipos eléctricos básicos, iluminación de locales comerciales, iluminación de áreas comunes, ascensores y sistema de bombeo.

La condición base evidenció que el edificio ya incorpora ciertos elementos eficientes, como inodoros de doble descarga, iluminación LED en áreas comunes y sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos. Sin embargo, también se identificaron oportunidades de mejora en griferías, duchas, fregaderos, control operativo de limpieza, revisión de fugas, optimización de iluminación y mantenimiento de sistemas generales.

La condición mejorada se planteó mediante soluciones de baja y mediana complejidad técnica, priorizando medidas que no requieren modificaciones estructurales ni rediseños de redes. Entre ellas se consideraron aireadores, duchas ahorradoras, dispositivos eficientes en fregaderos, pistolas de cierre automático, revisión de fugas, optimización de sensores, mantenimiento del sistema de bombeo y verificación de luminarias interiores.

Con la información económica proporcionada por la administración del edificio, se calcularon tarifas efectivas de análisis para agua potable y energía eléctrica. Estos datos permitieron estimar ahorros económicos mensuales y periodos simples de recuperación para las soluciones cuantificables. La evaluación permitió diferenciar entre soluciones de viabilidad alta, media y condicionada.

Tabla 18. Síntesis de resultados de viabilidad de soluciones sostenibles

Solución sostenible	Componente	Resultado principal	Viabilidad final	Interpretación Técnica
Aireadores o dispositivos eficientes en fregaderos de cocina	Agua potable	Bajo costo de implementación y recuperación aproximada de 15,6 meses	Alta	Solución prioritaria por su facilidad de instalación, bajo costo y uso frecuente
Duchas ahorradoras o restrictores de caudal	Agua potable	Mayor ahorro físico estimado de agua, con recuperación aproximada de 35,2 meses	Alta	Solución prioritaria por su impacto en el consumo de agua de departamentos
Aireadores en lavamanos	Agua potable	Ahorro distribuido en departamentos, locales y áreas comunes, con	Media	Solución técnicamente viable, aunque con recuperación

		recuperación más extensa		económica más lenta
Pistolas de cierre automático para limpieza	Agua potable	Bajo costo, ahorro económico menor y mejora en prácticas operativas	Media	Medida complementaria útil para control de desperdicios
Revisión de fugas y control operativo	Agua potable	Ahorro económico bajo, pero aporte preventivo al mantenimiento del sistema	Media	Medida recomendable por gestión operativa más que por ahorro directo
Sustitución o verificación de luminarias LED en departamentos	Energía eléctrica	Recuperación aproximada de 18,6 meses, si las luminarias actuales no son LED	Alta condicionada	Solo debe aplicarse si se verifica que existen luminarias convencionales
Sustitución o verificación de luminarias LED en locales comerciales	Energía eléctrica	Recuperación aproximada de 6,2 meses, si las luminarias actuales no son LED	Alta condicionada	Medida de alto potencial económico, condicionada a verificación previa
Optimización de sensores y horarios en áreas comunes	Energía eléctrica	Baja inversión y recuperación aproximada de 17,7 meses	Alta	Solución operativa favorable porque aprovecha sistemas existentes
Mantenimiento preventivo y revisión del	Energía eléctrica	Ahorro económico directo reducido, pero	Media	Medida complementaria importante para eficiencia y

sistema de bombeo		mejora operativa del sistema		funcionamiento del edificio
Mantenimiento eficiente de ascensores	Energía eléctrica	No cuantificado por falta de costo específico y medición directa	Media condicionada	Requiere revisión técnica especializada para determinar ahorro real

Fuente: *Elaboración propia con base en la matriz de puntos de consumo, comparación entre condición base y condición mejorada, costos referenciales, información promedio proporcionada por la administración del Edificio Carrara y evaluación de viabilidad técnica y económica.*

Los resultados muestran que las soluciones con mejor desempeño técnico y económico corresponden principalmente a medidas de reducción de consumo de agua potable en departamentos. Los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina y las duchas ahorradoras presentan una relación favorable entre costo, ahorro y facilidad de implementación. Estas alternativas no requieren intervenciones complejas y pueden aplicarse de manera directa en las unidades habitacionales.

En el componente de energía eléctrica, las soluciones más relevantes se relacionan con la iluminación y la optimización operativa. La sustitución de luminarias en departamentos y locales comerciales puede presentar una alta viabilidad económica; sin embargo, su aplicación debe estar condicionada a una verificación previa del tipo de luminaria existente. En caso de que las luminarias ya sean LED, esta medida no debería considerarse como prioritaria.

La optimización de sensores y horarios en áreas comunes representa una medida de alta viabilidad, debido a su bajo costo, facilidad de implementación y coherencia con los sistemas existentes en el edificio. Esta alternativa permite mejorar el desempeño energético sin sustituir equipos principales ni realizar intervenciones constructivas relevantes.

Las medidas de mantenimiento preventivo, revisión de fugas, control del sistema de bombeo y mantenimiento de ascensores presentan una viabilidad principalmente operativa. Aunque su ahorro económico directo puede ser menor o difícil de cuantificar, su inclusión resulta pertinente porque contribuyen al funcionamiento eficiente del edificio, reducen riesgos de fallas y promueven una administración más responsable de los recursos.

En términos generales, el análisis evidencia que no todas las soluciones sostenibles requieren inversiones elevadas o intervenciones complejas. En el caso del Edificio Carrara, las

alternativas más factibles son aquellas que actúan sobre puntos de consumo existentes mediante accesorios eficientes, ajustes operativos y mantenimiento preventivo. Esto permite plantear una estrategia de mejora progresiva, aplicable a edificaciones residenciales similares en Cuenca.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten responder al objetivo del capítulo, al identificar qué soluciones presentan mayor pertinencia técnica y económica para reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en el caso de estudio. Las soluciones prioritarias son los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina, las duchas ahorradoras, la optimización de sensores y horarios en áreas comunes y la sustitución de luminarias, únicamente cuando se confirme que las existentes no son eficientes. Estas medidas constituyen la base para las conclusiones y recomendaciones del trabajo de titulación.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El análisis desarrollado permitió determinar que la incorporación de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en edificaciones residenciales existentes puede ser técnicamente viable y económicamente razonable, siempre que las medidas seleccionadas respondan a las condiciones reales del edificio, a sus puntos de mayor consumo y a la capacidad de implementación sin generar intervenciones constructivas complejas.

En el caso del Edificio Carrara, la evaluación evidenció que las soluciones más pertinentes no necesariamente corresponden a sistemas de alta inversión o tecnologías complejas, sino a medidas de bajo y mediano costo que actúan directamente sobre los puntos de consumo existentes. Entre estas se destacan los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina, duchas ahorradoras, aireadores en lavamanos, optimización de sensores y horarios en áreas comunes, así como la verificación y posible sustitución de luminarias cuando se compruebe que no corresponden a tecnología LED.

El estudio permitió identificar que el consumo de agua potable en el edificio se concentra principalmente en los usos cotidianos de las unidades habitacionales, especialmente duchas, fregaderos de cocina, lavamanos, inodoros y lavanderías. Esta condición demuestra que las estrategias de reducción de consumo deben enfocarse principalmente en los departamentos, debido a que allí se desarrolla la mayor frecuencia de uso y se encuentra el mayor número de usuarios permanentes.

En el componente de agua potable, las duchas ahorradoras y los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina presentaron los mejores resultados dentro del análisis económico preliminar. Las duchas ahorradoras generaron el mayor ahorro físico estimado, mientras que los dispositivos eficientes en fregaderos mostraron una relación favorable entre bajo costo de implementación, facilidad de instalación y periodo de recuperación. Estas medidas resultan adecuadas para edificaciones residenciales similares, debido a que no requieren modificaciones en redes hidrosanitarias ni intervenciones estructurales.

Los aireadores en lavamanos también se consideran una solución técnicamente viable, aunque su recuperación económica es más lenta en comparación con otras medidas. Sin embargo, su incorporación puede ser pertinente dentro de una estrategia integral de reducción de consumo, especialmente cuando se busca mejorar progresivamente el desempeño del edificio mediante acciones de fácil instalación y bajo impacto constructivo.

En cuanto a la energía eléctrica, se concluye que las medidas de ahorro deben ser evaluadas con mayor cautela, debido a que el edificio ya cuenta con algunos elementos eficientes, como luminarias LED en áreas comunes y sensores de movimiento en parqueaderos y pasillos. Por

esta razón, no sería técnicamente adecuado plantear sustituciones generales sin una verificación previa del estado actual de los equipos instalados.

Las soluciones eléctricas con mayor potencial se relacionan con la optimización de sensores y horarios en áreas comunes, así como con la posible sustitución de luminarias en departamentos y locales comerciales, siempre que se confirme que las luminarias existentes no son LED. Esta condición es importante, ya que una medida sostenible solo puede considerarse viable cuando genera un ahorro adicional real frente a la condición base.

El análisis económico permitió comprobar que el periodo simple de recuperación es un criterio útil para comparar alternativas, pero no debe ser el único elemento de decisión. Algunas medidas, como la revisión de fugas, el control operativo del sistema de abastecimiento, el mantenimiento del sistema de bombeo y el mantenimiento de ascensores, pueden tener un ahorro económico directo limitado o difícil de cuantificar, pero aportan al funcionamiento eficiente del edificio, a la reducción de desperdicios y a la prevención de fallas operativas.

La información proporcionada por la administración del Edificio Carrara permitió construir una base económica referencial para el análisis, sin comprometer datos personales de propietarios, arrendatarios o usuarios. A partir de estos datos fue posible calcular tarifas efectivas de agua potable y energía eléctrica para departamentos, locales comerciales y áreas comunes, lo que fortaleció la comparación entre la condición base y la condición mejorada.

La metodología aplicada permitió pasar de una identificación general de soluciones sostenibles a una evaluación concreta sobre un caso de estudio. Este proceso incluyó el análisis del universo de edificaciones registradas en Cuenca, la priorización de una tipología edificatoria, la selección del Edificio Carrara, la caracterización arquitectónica y funcional del inmueble, la identificación de puntos de consumo, la definición de la condición base y mejorada, y la evaluación técnica y económica de las alternativas seleccionadas.

En este sentido, el trabajo permitió cumplir el objetivo general de analizar la viabilidad técnica y económica de soluciones sostenibles orientadas a reducir el consumo de agua potable y energía eléctrica en un proyecto inmobiliario residencial en Cuenca. Asimismo, se cumplieron los objetivos específicos, al identificar soluciones sostenibles aplicables, seleccionar y caracterizar un proyecto inmobiliario residencial de análisis, y evaluar las soluciones mediante la comparación entre condición base y condición mejorada, considerando costos de implementación, ahorro potencial, incidencia presupuestaria y pertinencia de aplicación.

Finalmente, se concluye que las soluciones sostenibles con mayor viabilidad para el Edificio Carrara son aquellas que combinan facilidad de implementación, bajo o moderado costo, ahorro identificable y mínima intervención constructiva. Bajo estos criterios, las medidas prioritarias corresponden a dispositivos eficientes en fregaderos de cocina, duchas ahorradoras, optimización operativa de áreas comunes y verificación de luminarias en departamentos y locales comerciales. Estas alternativas constituyen una estrategia

progresiva y aplicable para mejorar el desempeño del edificio, y pueden servir como referencia para proyectos inmobiliarios residenciales similares en la ciudad de Cuenca.

5.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en el análisis del Edificio Carrara, se recomienda priorizar soluciones sostenibles de baja complejidad técnica, bajo impacto constructivo y aplicación directa sobre los principales puntos de consumo de agua potable y energía eléctrica. Este tipo de medidas permite mejorar progresivamente el desempeño del edificio sin requerir intervenciones estructurales, rediseños de redes o inversiones elevadas.

En el componente de agua potable, se recomienda implementar como primera fase los dispositivos eficientes en fregaderos de cocina y las duchas ahorradoras, debido a que fueron las soluciones con mejores resultados dentro del análisis económico preliminar. Estas medidas presentan una relación favorable entre costo de implementación, ahorro físico estimado y facilidad de instalación, especialmente en los departamentos, donde se concentra la mayor frecuencia de uso.

También se recomienda incorporar aireadores en lavamanos de departamentos, locales comerciales y áreas comunes como parte de una estrategia integral de reducción de consumo. Aunque esta medida presenta un periodo de recuperación más amplio, su aplicación es técnicamente sencilla, no requiere modificaciones en las redes hidrosanitarias y contribuye a reducir el consumo de manera distribuida en diferentes espacios del edificio.

En áreas comunes, se recomienda fortalecer las prácticas de control operativo del agua mediante el uso de pistolas de cierre automático para mangueras, revisión periódica de fugas, control de presión y mantenimiento del sistema de abastecimiento. Estas medidas no deben evaluarse únicamente por su ahorro económico directo, sino también por su aporte al mantenimiento preventivo, la reducción de desperdicios y la administración eficiente del edificio.

En el componente de energía eléctrica, se recomienda realizar una verificación técnica previa del tipo de luminarias instaladas en departamentos y locales comerciales. En caso de identificarse luminarias convencionales, se recomienda sustituirlas por tecnología LED, debido a que el análisis mostró una recuperación económica favorable, especialmente en locales comerciales. Sin embargo, si se verifica que las luminarias ya son LED, esta medida no debería considerarse como prioritaria.

Para las áreas comunes, se recomienda optimizar los horarios de encendido, revisar el funcionamiento de sensores de movimiento y establecer criterios de operación para lobby, pasillos, parqueaderos, accesos y espacios comunales. Esta medida es recomendable porque aprovecha sistemas ya existentes en el edificio y puede generar ahorros sin necesidad de sustituir equipos principales.

Se recomienda mantener un programa periódico de mantenimiento preventivo para el sistema de bombeo, hidroneumático y ascensores. Aunque estas medidas no siempre generan ahorros económicos fácilmente cuantificables, son importantes para garantizar el funcionamiento eficiente del edificio, evitar consumos innecesarios, reducir fallas y prolongar la vida útil de los sistemas.

Desde la administración del edificio, se recomienda llevar un registro mensual de consumos de agua potable y energía eléctrica, diferenciando departamentos, locales comerciales y áreas comunes. Este registro permitiría comparar el comportamiento antes y después de implementar las medidas sostenibles, validar los ahorros estimados y mejorar la toma de decisiones sobre futuras intervenciones.

Para futuros proyectos inmobiliarios residenciales en Cuenca, se recomienda incorporar criterios de eficiencia de agua potable y energía eléctrica desde la etapa de diseño. Esto permitiría seleccionar aparatos sanitarios eficientes, griferías de bajo consumo, iluminación LED, sensores, equipos eficientes y sistemas de medición adecuados desde el inicio, evitando que las mejoras se realicen posteriormente como intervenciones correctivas.

Asimismo, se recomienda que los promotores inmobiliarios y proyectistas incluyan análisis comparativos entre condición base y condición mejorada como parte de la evaluación técnica y económica de sus proyectos. Este tipo de análisis permite identificar alternativas sostenibles viables antes de la construcción o durante la operación del edificio, facilitando decisiones más responsables desde el punto de vista ambiental, técnico y económico.

Tabla 19. *Recomendaciones principales derivadas del análisis*

Componente	Recomendación	Aplicación sugerida	Prioridad
Agua potable	Incorporar dispositivos eficientes en fregaderos de cocina	Departamentos	Alta
Agua potable	Sustituir duchas convencionales por duchas ahorradoras o restrictores de caudal	Departamentos	Alta
Agua potable	Instalar aireadores en lavamanos	Departamentos, locales comerciales y áreas comunes	Media
Agua potable	Utilizar pistolas de cierre automático en limpieza	Áreas comunes y parqueaderos	Media

Agua potable	Realizar revisión periódica de fugas, presión y sistema de abastecimiento	Cisterna, bombas, redes internas y puntos de consumo	Media
Energía eléctrica	Verificar el tipo de luminarias existentes	Departamentos y locales comerciales	Alta
Energía eléctrica	Sustituir luminarias convencionales por LED cuando corresponda	Departamentos y locales comerciales	Alta condicionada
Energía eléctrica	Optimizar sensores y horarios de encendido	Parqueaderos, pasillos, lobby, accesos y áreas comunes	Alta
Energía eléctrica	Mantener preventivamente bombas, hidroneumático y ascensores	Sistemas generales del edificio	Media
Gestión administrativa	Registrar mensualmente consumos de agua y energía	Administración del edificio	Alta
Gestión inmobiliaria	Incorporar criterios de eficiencia desde el diseño	Nuevos proyectos residenciales o vivienda-comercio	Alta

Fuente: *Elaboración propia con base en los resultados del análisis técnico y económico del Edificio Carrara.*

Finalmente, se recomienda que la implementación de las soluciones sostenibles se realice de manera progresiva, iniciando por las medidas de mayor viabilidad técnica y económica. Esta estrategia permite reducir el consumo de recursos, distribuir la inversión en el tiempo y evaluar los resultados obtenidos antes de avanzar hacia soluciones de mayor complejidad o costo.

5.3 Limitaciones del estudio

El presente trabajo de titulación se desarrolló como un análisis técnico y económico de carácter estimativo, aplicado a un caso de estudio específico. Por tanto, sus resultados deben interpretarse dentro del alcance metodológico definido, considerando las condiciones de

información disponible, el tipo de edificio analizado y los criterios adoptados para comparar la condición base y la condición mejorada.

Una primera limitación corresponde a la disponibilidad de información completa del Edificio Carrara. Si bien se contó con información arquitectónica, datos generales del edificio, características funcionales y valores promedio proporcionados por la administración, no se dispuso de la totalidad de planos hidrosanitarios, planos eléctricos, presupuestos originales ni especificaciones completas de todos los equipos instalados. Esta situación obligó a complementar el análisis con supuestos técnicos razonables, parámetros referenciales y estimaciones basadas en el levantamiento de información disponible.

Otra limitación se relaciona con el acceso a planillas individuales de consumo. Debido a que las facturas de agua potable y energía eléctrica contienen información privada de propietarios, arrendatarios y usuarios, no fue posible acceder directamente a todas las planillas del edificio. En su lugar, se trabajó con información promedio referencial proporcionada por la administración, correspondiente a un departamento tipo, un local comercial y los medidores de áreas comunes. Estos datos permitieron calcular tarifas efectivas de análisis, pero no reemplazan una auditoría completa de consumos reales.

El estudio tampoco incluyó mediciones directas en campo mediante equipos especializados, tales como caudalímetros, medidores eléctricos por circuito, sensores de ocupación, registros horarios de consumo o monitoreo continuo de equipos. Por esta razón, los consumos estimados se basan en frecuencias de uso, cantidades de aparatos, potencias referenciales, horarios de operación y criterios técnicos adoptados para el análisis. Estos valores son útiles para una comparación preliminar, pero podrían variar frente a una medición real prolongada.

En el componente de agua potable, los ahorros estimados dependen de supuestos relacionados con la frecuencia de uso, el número de ocupantes, los caudales de aparatos sanitarios y el comportamiento de los usuarios. Aunque se utilizaron criterios técnicos razonables, el consumo real puede variar según hábitos de uso, permanencia de los habitantes, mantenimiento de los aparatos y posibles fugas no identificadas.

En el componente de energía eléctrica, algunas soluciones quedaron condicionadas a una verificación técnica posterior. Este es el caso de la sustitución de luminarias en departamentos y locales comerciales, debido a que la medida solo tendría justificación si se confirma que las luminarias existentes no corresponden a tecnología LED. Si los espacios ya cuentan con luminarias eficientes, el ahorro estimado por sustitución no debería ser considerado como resultado aplicable.

Asimismo, el análisis económico se realizó mediante el periodo simple de recuperación, que es un indicador útil para comparar alternativas, pero no incorpora variables financieras más complejas como inflación, tasa de descuento, variación futura de tarifas, costos de mantenimiento a largo plazo, reposición de equipos o valor del dinero en el tiempo. Esta

decisión responde al alcance del estudio, centrado en una evaluación técnica y económica preliminar, no en un análisis financiero detallado.

Otra limitación corresponde a que el estudio se aplicó a un solo edificio existente. Por tanto, los resultados obtenidos no deben generalizarse automáticamente a todos los proyectos inmobiliarios residenciales de Cuenca. No obstante, la metodología utilizada puede ser replicada en edificaciones similares, siempre que se ajusten los datos de consumo, costos, tarifas, ocupación y características técnicas de cada caso.

El análisis tampoco incluyó soluciones de mayor complejidad técnica o inversión, como sistemas fotovoltaicos, captación y aprovechamiento de aguas lluvias, reutilización de aguas grises, domótica avanzada o certificaciones ambientales completas. Estas alternativas fueron reconocidas como posibles líneas futuras, pero no se desarrollaron dentro del análisis principal debido a que requieren mayor información técnica, estudios específicos, inversión superior y una evaluación más amplia de factibilidad.

Finalmente, debe señalarse que los resultados obtenidos corresponden a una evaluación preliminar de viabilidad técnica y económica. Su utilidad principal es apoyar la toma de decisiones iniciales sobre soluciones sostenibles aplicables al Edificio Carrara y a proyectos inmobiliarios similares. Para una implementación real, será necesario complementar el estudio con levantamientos técnicos detallados, cotizaciones actualizadas, mediciones reales de consumo y verificación de las condiciones existentes en cada punto de intervención.

5.4 Líneas futuras de investigación

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación, se identifican varias líneas futuras de investigación que podrían complementar y profundizar el análisis de soluciones sostenibles en edificaciones residenciales y de uso mixto en Cuenca. Estas líneas permitirían ampliar el alcance del estudio, incorporar mediciones reales y evaluar alternativas de mayor complejidad técnica.

Una primera línea futura corresponde al desarrollo de mediciones reales de consumo de agua potable y energía eléctrica antes y después de implementar las soluciones sostenibles propuestas. Este tipo de estudio permitiría comparar los ahorros estimados con los ahorros efectivamente alcanzados, mediante el seguimiento de planillas, medidores individuales, registros de áreas comunes y hábitos de consumo de los usuarios.

También se recomienda investigar la aplicación de sistemas de monitoreo continuo en edificaciones residenciales, mediante medidores inteligentes, sensores de caudal, submedidores eléctricos y plataformas digitales de control. Esta información permitiría identificar con mayor precisión los horarios de mayor consumo, los puntos críticos de desperdicio y las oportunidades de optimización operativa.

Otra línea de investigación relevante corresponde al análisis de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones residenciales de Cuenca. Esta alternativa podría evaluarse

para usos no potables, como limpieza de áreas comunes, riego, descarga de inodoros o mantenimiento de espacios exteriores. Para ello sería necesario considerar variables como régimen de lluvias, área de captación, capacidad de almacenamiento, demanda de agua no potable, costos de instalación y mantenimiento.

De igual manera, se podría desarrollar una investigación sobre reutilización de aguas grises en edificios residenciales. Esta alternativa tendría mayor complejidad técnica y normativa, pero podría representar un aporte importante para reducir el consumo de agua potable en usos que no requieren calidad de agua para consumo humano. Su análisis requeriría estudios específicos sobre redes separadas, tratamiento, almacenamiento, operación, mantenimiento y aceptación de los usuarios.

En el componente energético, una línea futura importante corresponde al análisis de factibilidad de sistemas fotovoltaicos en edificaciones residenciales y de uso mixto. Este tipo de estudio debería considerar la disponibilidad de cubierta, orientación solar, sombras, demanda eléctrica de áreas comunes, normativa aplicable, costos de inversión, mantenimiento, vida útil del sistema y posibles esquemas de compensación o autoconsumo.

También se recomienda investigar la automatización y gestión inteligente de áreas comunes, especialmente en iluminación, bombeo, ascensores, ventilación, accesos y equipos de uso compartido. La incorporación de sensores, temporizadores, sistemas de control y programación horaria podría mejorar el desempeño energético del edificio sin requerir necesariamente intervenciones constructivas de gran escala.

Otra posibilidad de investigación consiste en comparar varios edificios residenciales o vivienda-comercio de Cuenca, aplicando la misma metodología utilizada en este trabajo. Esto permitiría identificar patrones de consumo, diferencias por tipología edificatoria, incidencia del número de pisos, comportamiento de áreas comunes y soluciones sostenibles más repetibles en el mercado inmobiliario local.

Asimismo, se plantea como línea futura el desarrollo de una evaluación económica más amplia, que incorpore indicadores financieros como valor actual neto, tasa interna de retorno, costo del ciclo de vida, variación de tarifas, mantenimiento, reposición de equipos y vida útil de las soluciones implementadas. Esto permitiría pasar de una evaluación económica preliminar a un análisis financiero más completo para la toma de decisiones inmobiliarias.

También se recomienda profundizar en la relación entre sostenibilidad, costos de operación y valor inmobiliario. Futuras investigaciones podrían analizar si la incorporación de soluciones eficientes en agua potable y energía eléctrica influye en la percepción de valor del inmueble, en los costos de alícuotas, en la preferencia de compradores o arrendatarios y en la competitividad comercial de proyectos inmobiliarios residenciales.

Finalmente, una línea futura relevante sería estudiar la posibilidad de incorporar criterios de certificación ambiental o herramientas internacionales de evaluación sostenible, como EDGE

u otras metodologías aplicables al contexto local. Este análisis permitiría determinar qué tan cerca se encuentran los edificios residenciales existentes de cumplir estándares de sostenibilidad y qué medidas serían necesarias para avanzar hacia mejores niveles de desempeño ambiental.

En conjunto, estas líneas futuras permitirían ampliar el alcance del presente trabajo y fortalecer la aplicación de soluciones sostenibles en el sector inmobiliario residencial. Además, contribuirían a generar información local más precisa para la toma de decisiones técnicas, económicas y ambientales en proyectos nuevos y edificaciones existentes de la ciudad de Cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baquero Larriva, M. T., & Quesada Molina, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 7(2), 147–165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>

Barragán, A. E., & Ochoa, P. E. (2014). Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador). *Maskana*, 5(1), 81–98. <https://doi.org/10.18537/mskn.05.01.06>

Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., & Donatello, S. (2017). *Level(s): A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings: Parts 1 and 2: Introduction to Level(s) and how it works*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/827838>

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. (2024). *Nuestras tarifas de agua potable y saneamiento 2024*. ETAPA EP. <https://www.etapa.net.ec/wp-content/uploads/2024/04/Nuestras-tarifas-de-agua-potable-y-saneamiento-2024.pdf>

European Commission. (2021). *Level(s): European framework for sustainable buildings*. https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/levels_en

International Finance Corporation. (2024). *EDGE user guide for all building types: Version 2.1*. EDGE Buildings. <https://edgebuildings.com/resources/user-documents/>

International Finance Corporation. (s. f.). *EDGE green building certification*. EDGE Buildings. <https://edgebuildings.com/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s. f.). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. <https://www.mit.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s. f.). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Capítulo eficiencia energética en edificaciones residenciales NEC-HS-EE*. <https://www.mit.gob.ec/consulta-publica-nec/>

Molina Castro, E. X., Quesada Molina, J. F., Calle Pesantez, A. E., Ortiz Fernández, J. M., & Orellana Valdez, D. A. (2018). Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 20, 28–38. <https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.03>